

Csillagászati évkönyv



1972

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

az 1972. évre

szerkesztette
a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályainak
Országos Választmánya

Gondolat Kiadó
Budapest, 1972

CSILLAGÁSZATI ADATOK AZ 1972. ÉVRE

Az I – X. táblázatokat összeállította
a TIT Hajdú-Bihar Megyei Csillagászati Szakosztálya
az MTA Napfizikai Obszervatórium közreműködésével
(Debrecen)

I. JANUÁR

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					A HOLD fény-változásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	(1)	1	7 33	11 48	16 02	16 41	8 10	
2	V		2	7 33	11 48	16 03	17 58	8 44	
3	H	2	3	7 33	11 49	16 04	19 13	9 11	
4	K		4	7 33	11 50	16 06	20 25	9 31	
5	Sz		5	7 33	11 50	16 07	21 32	9 49	
6	Cs		6	7 33	11 51	16 08	22 39	10 05	
7	P		7	7 32	11 51	16 09	23 45	10 21	
8	Sz		8	7 32	11 51	16 10	—	10 37	(14 31
9	V		9	7 32	11 52	16 11	0 51	10 55	
10	H	3	10	7 31	11 52	16 12	1 57	11 17	
11	K		11	7 31	11 53	16 14	3 05	11 44	
12	Sz		12	7 30	11 53	16 15	4 11	12 18	
13	Cs		13	7 30	11 53	16 16	5 14	13 03	
14	P		14	7 29	11 54	16 18	6 11	14 00	
15	Sz		15	7 29	11 54	16 19	6 57	15 07	
16	V		16	7 28	11 55	16 21	7 35	16 22	● 11 52
17	H	4	17	7 27	11 55	16 22	8 04	17 40	
18	K		18	7 27	11 55	16 23	8 28	18 59	
19	Sz		19	7 26	11 56	16 25	8 49	20 18	
20	Cs		20	7 25	11 56	16 26	9 08	21 37	
21	P		21	7 24	11 56	16 28	9 27	22 56	
22	Sz		22	7 23	11 56	16 29	9 47	—	
23	V		23	7 22	11 57	16 31	10 11	0 16) 10 29
24	H	5	24	7 21	11 57	16 32	10 40	1 38	
25	K		25	7 20	11 57	16 34	11 18	2 58	
26	Sz		26	7 19	11 57	16 35	12 08	4 12	
27	Cs		27	7 18	11 58	16 37	13 09	5 15	
28	P		28	7 17	11 58	16 38	14 20	6 05	
29	Sz		29	7 16	11 58	16 40	15 36	6 43	
30	V		30	7 15	11 58	16 41	16 51	7 12	○ 11 58
31	H	6	31	7 13	11 58	16 43	18 05	7 34	

Hold: 9-én 05^h-kor földtávolban
22-én 06^h-kor földközéln

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2441...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...317,5	6 39 01,347	18 42	-23 06	16 18	6 51	+25 02
318,5	6 42 57,911	18 46	23 01	16 18	7 50	21 59
319,5	6 46 54,472	18 51	22 56	16 18	8 44	17 48
320,5	6 50 51,030	18 55	22 50	16 18	9 34	12 54
321,5	6 54 47,585	19 00	22 44	16 18	10 21	7 35
322,5	6 58 44,138	19 04	22 38	16 18	11 05	+ 2 05
323,5	7 02 40,690	19 08	22 31	16 18	11 49	- 3 22
324,5	7 06 37,242	19 13	22 23	16 18	12 32	8 37
325,5	7 10 33,796	19 17	22 15	16 17	13 16	13 32
326,5	7 14 30,351	19 22	22 07	16 17	14 01	17 57
327,5	7 18 26,908	19 26	21 59	16 17	14 49	21 41
328,5	7 22 23,467	19 30	21 49	16 17	15 40	24 33
329,5	7 26 20,029	19 35	21 40	16 17	16 34	26 19
330,5	7 30 16,592	19 39	21 30	16 17	17 30	26 48
331,5	7 34 13,156	19 43	21 19	16 17	18 28	25 51
332,5	7 38 09,719	19 48	21 09	16 17	19 25	23 29
333,5	7 42 06,280	19 52	20 57	16 17	20 20	19 46
334,5	7 46 02,839	19 56	20 46	16 17	21 14	14 56
335,5	7 49 59,394	20 00	20 34	16 17	22 06	9 16
336,5	7 53 55,947	20 05	20 22	16 17	22 57	- 3 05
337,5	7 57 52,499	20 09	20 09	16 17	23 48	+ 3 17
338,5	8 01 49,050	20 13	19 56	16 17	0 39	9 30
339,5	8 05 45,603	20 17	19 42	16 17	1 32	15 14
340,5	8 09 42,159	20 22	19 28	16 17	2 28	20 08
341,5	8 13 38,719	20 26	19 14	16 16	3 26	23 53
342,5	8 17 35,281	20 30	18 59	16 16	4 27	26 10
343,5	8 21 31,845	20 34	18 44	16 16	5 29	26 49
344,5	8 25 28,409	20 38	18 29	16 16	6 30	25 47
345,5	8 29 24,971	20 42	18 14	16 16	7 29	23 15
346,5	8 33 21,531	20 47	17 58	16 16	8 24	19 29
347,5	8 37 18,088	20 51	-17 41	16 16	9 15	+14 50

Föld: 3-án 5^h07^m-kor napközben (Közlel)

I. FEBRUÁR

KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)									
DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Budapesten					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K	(6)	32	7 12	11 59	16 45	19 14	7 53	
2	Sz		33	7 11	11 59	16 46	20 22	8 10	
3	Cs		34	7 10	11 59	16 48	21 29	8 26	
4	P		35	7 08	11 59	16 49	22 35	8 42	
5	Sz		36	7 07	11 59	16 51	23 41	8 59	
6	V		37	7 05	11 59	16 52	—	9 19	
7	H	7	38	7 04	11 59	16 54	0 48	9 44	☾ 12 11
8	K		39	7 02	11 59	16 55	1 55	10 14	
9	Sz		40	7 01	11 59	16 57	2 59	10 53	
10	Cs		41	6 59	11 59	16 58	3 58	11 44	
11	P		42	6 58	11 59	17 00	4 48	12 47	
12	Sz		43	6 56	11 59	17 01	5 29	13 58	
13	V		44	6 54	11 59	17 03	6 03	15 15	
14	H	8	45	6 53	11 59	17 05	6 29	16 36	
15	K		46	6 51	11 59	17 06	6 52	17 57	● 01 29
16	Sz		47	6 50	11 50	17 08	7 12	19 18	
17	Cs		48	6 48	11 59	17 09	7 32	20 39	
18	P		49	6 46	11 59	17 11	7 53	22 02	
19	Sz		50	6 44	11 59	17 13	8 16	23 25	
20	V		51	6 43	11 59	17 14	8 44	—	
21	H	9	52	6 41	11 59	17 16	9 20	0 46	☽ 18 20
22	K		53	6 39	11 58	17 17	10 05	2 03	
23	Sz		54	6 38	11 58	17 18	11 02	3 09	
24	Cs		55	6 36	11 58	17 20	12 09	4 02	
25	P		56	6 34	11 58	17 22	13 22	4 43	
26	Sz		57	6 32	11 58	17 23	14 36	5 14	
27	V		58	6 30	11 58	17 25	15 49	5 39	
28	H	10	59	6 29	11 58	17 27	16 59	5 58	
29	K		60	6 27	11 58	17 28	18 07	6 16	○ 04 12

Hold: 6-án 02^h-kor földtávolban
17-én 20^h-kor földközélen

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julian dátum 2441...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...348,5	8 41 14,642	20 55	-17 25	16 16	10 03	+ 9 37
349,5	8 45 11,193	20 59	17 08	16 15	10 49	+ 4 07
350,5	8 49 07,743	21 03	16 51	16 15	11 33	- 1 26
351,5	8 53 04,293	21 07	16 33	16 15	12 16	6 49
352,5	8 57 00,844	21 11	16 15	16 15	13 00	11 54
353,5	9 00 57,396	21 15	15 57	16 15	13 45	16 31
354,5	9 04 53,950	21 19	15 39	16 15	14 32	20 29
355,5	9 08 50,506	21 23	15 20	16 15	15 22	23 39
356,5	9 12 47,064	21 27	15 02	16 14	16 14	25 48
357,5	9 16 43,624	21 31	14 42	16 14	17 09	26 46
358,5	9 20 40,185	21 35	14 23	16 14	18 05	26 24
359,5	9 24 36,746	21 39	14 03	16 14	19 02	24 36
360,5	9 28 33,306	21 43	13 44	16 14	19 58	21 33
361,5	9 32 29,863	21 47	13 24	16 13	20 54	16 56
362,5	9 36 26,417	21 51	13 03	16 13	21 47	11 27
363,5	9 40 22,968	21 55	12 43	16 13	22 40	- 5 17
364,5	9 44 19,517	21 58	12 22	16 13	23 32	+ 1 15
365,5	9 48 16,066	22 02	12 01	16 13	0 24	7 43
366,5	9 52 12,616	22 06	11 40	16 12	1 18	13 47
367,5	9 56 09,169	22 10	11 19	16 12	2 14	19 01
368,5	10 00 05,725	22 14	10 57	16 12	3 13	23 06
369,5	10 04 02,284	22 18	10 36	16 12	4 13	25 44
370,5	10 07 58,845	22 22	10 14	16 12	5 15	26 45
371,5	10 11 55,406	22 25	9 52	16 11	6 15	26 08
372,5	10 15 51,966	22 29	9 30	16 11	7 14	24 01
373,5	10 19 48,524	22 33	9 08	16 11	8 09	20 39
374,5	10 23 45,079	22 37	8 45	16 11	9 00	16 19
375,5	10 27 41,631	22 41	8 23	16 10	9 48	11 19
376,5	10 31 38,181	22 44	- 8 00	16 10	10 34	+ 5 57

I. MÁRCIUS

KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)									
DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Budapesten					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	(10)	61	6 25	11 57	17 29	19 14	6 32	
2	Cs		62	6 23	11 57	17 31	20 21	6 48	
3	P		63	6 21	11 57	17 32	21 27	7 05	
4	Sz		64	6 19	11 57	17 34	22 43	7 24	
5	V		65	6 17	11 56	17 35	23 40	7 46	
6	H	11	66	6 15	11 56	17 36		8 14	
7	K		67	6 13	11 56	17 38	0 45	8 49	
8	Sz		68	6 11	11 55	17 39	1 45	9 34	(08 05
9	Cs		69	6 09	11 55	17 41	2 38	10 30	
10	P		70	6 07	11 55	17 42	3 23	11 36	
11	Sz		71	6 06	11 55	17 44	3 59	12 49	
12	V	12	72	6 04	11 55	17 45	4 28	14 07	
13	H		73	6 02	11 54	17 46	4 53	15 27	
14	K		74	6 00	11 54	17 48	5 14	16 48	
15	Sz		75	5 58	11 54	17 49	5 35	18 11	● 12 35
16	Cs		76	5 56	11 54	17 51	5 55	19 36	
17	P		77	5 54	11 53	17 52	6 18	21 01	
18	Sz		78	5 52	11 53	17 54	6 45	22 27	
19	V		79	5 50	11 53	17 55	7 19	23 48	
20	H	13	80	5 48	11 52	17 56	8 02		
21	K		81	5 46	11 52	17 58	8 57	1 00	
22	Sz		82	5 44	11 52	17 59	10 02	1 59) 03 12
23	Cs		83	5 42	11 52	18 01	11 13	2 43	
24	P		84	5 39	11 51	18 02	12 27	3 17	
25	Sz		85	5 37	11 51	18 04	13 39	3 44	
26	V	14	86	5 35	11 50	18 05	14 49	4 04	
27	H		87	5 33	11 50	18 07	15 57	4 23	
28	K		88	5 31	11 50	18 08	17 04	4 39	
29	Sz		89	5 29	11 49	18 09	18 10	4 55	○ 21 05
30	Cs		90	5 27	11 49	18 11	19 15	5 11	
31	P		91	5 25	11 49	18 12	20 22	5 30	

Hold: 4-én 20^h-kor földtávolban
16-án 22^h-kor földközélsőben

H Ó N A P

0 ^b világidőkor						
Julián dátum 2441...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...377,5	10 35 34,729	22 48	— 7 38	16 10	11 19	+ 0 26
378,5	10 39 31,277	22 52	7 15	16 10	12 02	— 5 01
379,5	10 43 27,824	22 56	6 52	16 10	12 46	10 13
380,5	10 47 24,374	22 59	6 29	16 09	13 31	14 59
381,5	10 51 20,925	23 03	6 06	16 09	14 17	19 10
382,5	10 55 17,478	23 07	5 43	16 09	15 06	22 36
383,5	10 59 14,033	23 10	5 19	16 09	15 56	25 04
384,5	11 03 10,590	23 14	4 56	16 08	16 49	26 27
385,5	11 07 07,149	23 18	4 32	16 08	17 44	26 34
386,5	11 11 03,708	23 21	4 09	16 08	18 40	25 21
387,5	11 15 00,266	23 25	3 45	16 07	19 35	22 46
388,5	11 18 56,822	23 29	3 22	16 07	20 30	18 54
389,5	11 22 53,376	23 33	2 58	16 07	21 24	13 54
390,5	11 26 49,927	23 36	2 35	16 07	22 17	8 01
391,5	11 30 46,475	23 40	2 11	16 06	23 10	— 1 34
392,5	11 34 43,021	23 41	1 47	16 06	0 03	+ 5 05
393,5	11 38 39,569	23 47	1 23	16 06	0 58	11 30
394,5	11 42 36,120	23 51	1 00	16 06	1 55	17 14
395,5	11 46 32,674	23 54	0 36	16 05	2 55	21 51
396,5	11 50 29,231	23 58	— 0 12	16 05	3 57	25 00
397,5	11 54 25,791	0 02	+ 0 12	16 05	5 00	26 29
398,5	11 58 22,352	0 05	0 35	16 05	6 01	26 15
399,5	12 02 18,911	0 09	0 59	16 04	7 01	24 27
400,5	12 06 15,469	0 13	1 23	16 04	7 56	21 22
401,5	12 10 12,024	0 16	1 46	16 04	8 48	17 17
402,5	12 14 08,576	0 20	2 10	16 03	9 37	12 31
403,5	12 18 05,125	0 24	2 33	16 03	10 22	7 19
404,5	12 22 01,673	0 27	2 57	16 03	11 07	+ 1 55
405,5	12 25 58,220	0 31	3 20	16 03	11 50	— 3 30
406,5	12 29 54,767	0 35	3 43	16 02	12 34	8 43
407,5	12 33 51,316	0 38	+ 4 07	16 02	13 18	—13 36

Föld: 20-án 13^h22^m-kor tavasz kezdete (KözEI)

KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)									
DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Budapesten					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	(14)	92	5 23	11 49	18 14	21 28	5 51	
2	V		93	5 21	11 48	18 15	22 34	6 17	
3	H	15	94	5 19	11 48	18 17	23 35	6 49	
4	K		95	5 17	11 48	18 18	—	7 30	
5	Sz		96	5 15	11 48	18 20	0 30	8 21	
6	Cs		97	5 13	11 47	18 21	1 17	9 22	
7	P		98	5 11	11 47	18 22	1 55	10 30	(00 44
8	Sz		99	5 09	11 47	18 24	2 26	11 44	
9	V		100	5 07	11 46	18 25	2 52	13 00	
10	H	16	101	5 05	11 46	18 26	3 15	14 19	
11	K		102	5 03	11 46	18 28	3 35	15 40	
12	Sz		103	5 02	11 46	18 29	3 56	17 03	
13	Cs		104	5 00	11 46	18 31	4 18	18 28	● 21 31
14	P		105	4 58	11 45	18 32	4 43	19 56	
15	Sz		106	4 56	11 45	18 33	5 14	21 23	
16	V		107	4 54	11 45	18 35	5 55	22 42	
17	H	17	108	4 52	11 44	18 36	6 47	23 48	
18	K		109	4 50	11 44	18 37	7 50	—	
19	Sz		110	4 49	11 44	18 39	9 02	0 39	
20	Cs		111	4 47	11 44	18 40	10 17	1 18) 13 45
21	P		112	4 45	11 44	18 42	11 30	1 47	
22	Sz		113	4 43	11 43	18 43	12 41	2 10	
23	V		114	4 41	11 43	18 44	13 49	2 29	
24	H	18	115	4 40	11 43	18 46	14 55	2 46	
25	K		116	4 38	11 43	18 47	16 01	3 02	
26	Sz		117	4 36	11 43	18 49	17 06	3 18	
27	Cs		118	4 34	11 42	18 50	18 13	3 36	
28	P		119	4 32	11 42	18 51	19 19	3 56	
29	Sz		120	4 31	11 42	18 53	20 24	4 21	○ 13 44
30	V		121	4 29	11 42	18 54	21 27	4 52	

Hold: 1-én 08^h-kor földtávolban

14-én 07^h-kor földközélen

28-án 11^h-kor földtávolban

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2441...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
408,5	12 37 47,866	0 42	+ 4 30	16 02	14 04	- 17 56
409,5	12 41 44,418	0 45	4 53	16 02	14 52	21 33
410,5	12 45 40,973	0 49	5 16	16 01	15 42	24 17
411,5	12 49 37,529	0 53	5 39	16 01	16 34	25 57
412,5	12 53 34,087	0 56	6 02	16 01	17 28	26 26
413,5	12 57 30,646	1 00	6 24	16 00	18 22	25 39
414,5	13 01 27,204	1 04	6 47	16 00	19 16	23 34
415,5	13 05 23,761	1 07	7 10	16 00	20 10	20 16
416,5	13 09 20,316	1 11	7 32	16 00	21 02	15 50
417,5	13 13 16,868	1 15	7 54	15 59	21 54	10 27
418,5	13 17 13,418	1 18	8 16	15 59	22 46	- 4 22
419,5	13 21 09,966	1 22	8 38	15 59	23 39	+ 2 07
420,5	13 25 06,514	1 26	9 00	15 58	0 33	8 39
421,5	13 29 03,064	1 29	9 22	15 58	1 30	14 46
422,5	13 32 59,617	1 33	9 44	15 58	2 30	19 58
423,5	13 36 56,175	1 37	10 05	15 58	3 33	23 49
424,5	13 40 52,735	1 41	10 26	15 57	4 38	25 57
425,5	13 44 49,298	1 44	10 47	15 57	5 42	26 15
426,5	13 48 45,860	1 48	11 08	15 57	6 44	24 51
427,5	13 52 42,419	1 52	11 29	15 57	7 42	22 01
428,5	13 56 38,976	1 55	11 49	15 56	8 36	18 07
429,5	14 00 35,530	1 59	12 10	15 56	9 25	13 29
430,5	14 04 32,082	2 03	12 30	15 56	10 12	8 23
431,5	14 08 28,632	2 07	12 50	15 56	10 56	+ 3 04
432,5	14 12 25,180	2 10	13 09	15 55	11 39	- 2 17
433,5	14 16 21,729	2 14	13 29	15 55	12 23	7 30
434,5	14 20 18,279	2 18	13 48	15 55	13 07	12 25
435,5	14 24 14,830	2 22	14 07	15 55	13 52	16 51
436,5	14 28 11,384	2 26	14 26	15 54	14 40	20 38
437,5	14 32 07,930	2 29	+ 14 44	15 54	15 29	- 23 33

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					
				Budapesten					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	
1	H	19	122	4 27	11 42	18 56	22 24	5 30	
2	K		123	4 26	11 42	18 57	23 13	6 17	
3	Sz		124	4 24	11 42	18 59	23 53	7 15	
4	Cs		125	4 23	11 42	19 00	—	8 20	
5	P		126	4 21	11 41	19 01	0 27	9 30	
6	Sz	20	127	4 19	11 41	19 03	0 54	10 44	☾ 13 26
7	V		128	4 18	11 41	19 04	1 16	11 58	
8	H		129	4 16	11 41	19 05	1 37	13 15	
9	K		130	4 15	11 41	19 07	1 57	14 34	
10	Sz		131	4 14	11 41	19 08	2 17	15 56	
11	Cs	21	132	4 12	11 41	19 09	2 40	17 21	
12	P		133	4 11	11 41	19 11	3 09	18 49	
13	Sz		134	4 10	11 41	19 12	3 45	20 13	● 05 08
14	V		135	4 08	11 41	19 13	4 31	21 28	
15	H		136	4 07	11 41	19 14	5 31	22 28	
16	K	22	137	4 06	11 41	19 16	6 42	23 13	
17	Sz		138	4 05	11 41	19 17	7 58	23 47	
18	Cs		139	4 03	11 41	19 18	9 15	—	
19	P		140	4 02	11 41	19 19	10 29	0 13	
20	Sz		141	4 01	11 41	19 20	11 39	0 33	☾ 02 16
21	V	23	142	4 00	11 41	19 22	12 47	0 52	
22	H		143	3 59	11 41	19 23	13 53	1 08	
23	K		144	3 58	11 41	19 24	14 58	1 25	
24	Sz		145	3 57	11 41	19 25	16 04	1 42	
25	Cs		146	3 56	11 41	19 26	17 09	2 01	
26	P	23	147	3 55	11 41	19 27	18 15	2 25	
27	Sz		148	3 55	11 42	19 28	19 19	2 53	
28	V		149	3 54	11 42	19 29	20 18	3 30	○ 05 28
29	H		150	3 53	11 42	19 30	21 10	4 15	
30	K		151	3 52	11 42	19 31	21 54	5 09	
31	Sz		152	3 52	11 42	19 32	22 28	6 13	

Hold: 12-én 18^h-kor földközélen25-én 16^h-kor földtávolban

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2441...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	l)	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...438,5	14 36 04,497	2 33	+15 03	15 54	16 21	-25 28
439,5	14 40 01,057	2 37	15 21	15 54	17 14	26 14
440,5	14 43 57,617	2 41	15 38	15 53	18 08	25 44
441,5	14 47 54,177	2 45	15 56	15 53	19 02	24 00
442,5	14 51 50,736	2 49	16 13	15 53	19 54	21 04
443,5	14 55 47,294	2 52	16 30	15 53	20 46	17 03
444,5	14 59 43,849	2 56	16 47	15 52	21 36	12 07
445,5	15 03 40,401	3 00	17 03	15 52	22 27	6 28
446,5	15 07 36,952	3 04	17 20	15 52	23 17	- 0 20
447,5	15 11 33,502	3 08	17 36	15 52	0 09	+ 6 01
448,5	15 15 30,052	3 12	17 51	15 52	1 04	12 12
449,5	15 19 26,607	3 16	18 06	15 51	2 02	17 46
450,5	15 23 23,165	3 20	18 21	15 51	3 04	22 13
451,5	15 27 19,726	3 24	18 36	15 51	4 09	25 07
452,5	15 31 16,291	3 28	18 50	15 51	5 16	26 11
453,5	15 35 12,856	3 32	19 04	15 50	6 21	25 22
454,5	15 39 09,419	3 35	19 18	15 50	7 22	22 56
455,5	15 43 05,980	3 39	19 32	15 50	8 19	19 14
456,5	15 47 02,537	3 43	19 45	15 50	9 11	14 40
457,5	15 50 59,092	3 47	19 57	15 50	9 59	9 35
458,5	15 54 55,644	3 51	20 10	15 50	10 44	+ 4 15
459,5	15 58 52,195	3 55	20 22	15 49	11 28	- 1 08
460,5	16 02 48,746	3 59	20 34	15 49	12 12	6 23
461,5	16 06 45,298	4 03	20 45	15 49	12 55	11 21
462,5	16 10 41,851	4 08	20 56	15 49	13 40	15 52
463,5	16 14 38,406	4 12	21 06	15 49	14 27	19 47
464,5	16 18 34,963	4 16	21 17	15 49	15 16	22 54
465,5	16 22 31,523	4 20	21 27	15 48	16 08	25 03
466,5	16 26 28,084	4 24	21 36	15 48	17 01	26 04
467,5	16 30 24,647	4 28	21 45	15 48	17 55	25 51
468,5	16 34 21,209	4 32	+21 54	15 48	18 49	-24 22

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)						A HOLD fény-változásai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Cs	(23) 24	153	3 51	11 42	19 33	22 57	7 22	☾ 22 22	
2	P		154	3 50	11 42	19 34	23 20	8 33		
3	Sz		155	3 50	11 43	19 35	23 41	9 47		
4	V		156	3 49	11 43	19 36	—	11 01		
5	H		157	3 49	11 43	19 37	0 00	12 17		
6	K	25	158	3 48	11 43	19 37	0 20	13 34	● 12 30	
7	Sz		159	3 48	11 43	19 38	0 41	14 35		
8	Cs		160	3 47	11 43	19 39	1 06	16 19		
9	P		161	3 47	11 44	19 40	1 37	17 44		
10	Sz		162	3 47	11 44	19 40	2 17	19 03		
11	V		163	3 46	11 44	19 41	3 11	20 10		
12	H		164	3 46	11 44	19 42	4 17	21 03		
13	K		165	3 46	11 44	19 42	5 33	21 42		
14	Sz		166	3 46	11 45	19 43	6 52	22 12		
15	Cs		167	3 46	11 45	19 43	8 09	22 36		
16	P	26	168	3 46	11 45	19 44	9 23	22 56	☾ 16 41	
17	Sz		169	3 46	11 45	19 44	10 33	23 13		
18	V		170	3 46	11 45	19 44	11 40	23 30		
19	H		171	3 46	11 46	19 45	12 47	23 47		
20	K		172	3 46	11 46	19 45	13 53	—		
21	Sz		173	3 46	11 46	19 45	14 59	0 06		
22	Cs		174	3 46	11 46	19 45	16 05	0 27		
23	P		175	3 47	11 46	19 45	17 10	0 54		
24	Sz		176	3 47	11 47	19 46	18 11	1 28		
25	V		177	3 47	11 47	19 46	19 06	2 10		
26	H	27	178	3 48	11 47	19 46	19 52	3 02	○ 19 46	
27	K		179	3 48	11 47	19 46	20 30	4 04		
28	Sz		180	3 49	11 48	19 46	21 01	5 12		
29	Cs		181	3 49	11 48	19 45	21 26	6 24		
30	P		182	3 50	11 48	19 45	21 47	7 37		

Hold: 10-én 01^h-kor földközeli

22-én 04^h-kor földtávolban

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2441...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...469,5	16 38 17,770	4 36	+22 02	15 48	19 42	-21 40
470,5	16 42 14,330	4 40	22 10	15 48	20 33	17 54
471,5	16 46 10,887	4 44	22 18	15 48	21 24	13 14
472,5	16 50 07,442	4 48	22 25	15 47	22 13	7 51
473,5	16 54 03,995	4 52	22 32	15 47	23 02	- 1 59
474,5	16 58 00,547	4 57	22 39	15 47	23 52	+ 4 07
475,5	17 01 57,099	5 01	22 45	15 47	0 44	10 10
476,5	17 05 53,653	5 05	22 50	15 47	1 39	15 48
477,5	17 09 50,211	5 09	22 55	15 47	2 38	20 36
478,5	17 13 46,773	5 13	23 00	15 47	3 41	24 06
479,5	17 17 43,338	5 17	23 05	15 47	4 46	25 56
480,5	17 21 39,904	5 21	23 09	15 46	5 53	25 53
481,5	17 25 36,470	5 26	23 12	15 46	6 56	24 02
482,5	17 29 33,034	5 30	23 16	15 46	7 56	20 42
483,5	17 33 29,594	5 34	23 18	15 46	8 51	16 18
484,5	17 37 26,151	5 38	23 21	15 46	9 42	11 14
485,5	17 41 22,705	5 42	23 23	15 46	10 29	5 49
486,5	17 45 19,258	5 46	23 24	15 46	11 15	+ 0 20
487,5	17 49 15,810	5 50	23 26	15 46	11 59	- 5 02
488,5	17 53 12,362	5 55	23 26	15 46	12 43	10 07
489,5	17 57 08,916	5 59	23 27	15 46	13 27	14 47
490,5	18 01 05,471	6 03	23 27	15 46	14 14	18 52
491,5	18 05 02,029	6 07	23 26	15 46	15 02	22 12
492,5	18 08 58,589	6 11	23 25	15 46	15 53	24 37
493,5	18 12 55,151	6 15	23 24	15 46	16 46	25 56
494,5	18 16 51,714	6 20	23 22	15 46	17 40	26 02
495,5	18 20 48,277	6 24	23 20	15 46	18 35	24 50
496,5	18 24 44,839	6 28	23 17	15 45	19 29	22 23
497,5	18 28 41,400	6 32	23 14	15 45	20 21	18 49
498,5	18 32 37,958	6 36	+23 11	15 45	21 12	-14 17

Föld: 21-én 08^h06^m-kor nyár kezdete (KözEI)

I. JÚLIUS

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					
				Budapesten					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	(27)	183	3 51	11 48	19 45	22 06	8 51	
2	V		184	3 51	11 48	19 45	22 26	10 06	
3	H	28	185	3 52	11 48	19 44	22 45	11 22	
4	K		186	3 52	11 48	19 44	23 08	12 39	(04 25
5	Sz		187	3 53	11 49	19 44	23 35	14 00	
6	Cs		188	3 54	11 49	19 43	—	15 22	
7	P		189	3 55	11 49	19 43	0 10	16 41	
8	Sz		190	3 55	11 49	19 42	0 57	17 53	
9	V		191	3 56	11 49	19 42	1 56	18 51	
10	H	29	192	3 57	11 49	19 41	3 07	19 37	● 20 39
11	K		193	3 58	11 49	19 40	4 25	20 11	
12	Sz		194	3 59	11 50	19 40	5 44	20 37	
13	Cs		195	4 00	11 50	19 39	7 01	20 58	
14	P		196	4 01	11 50	19 38	8 15	21 17	
15	Sz		197	4 02	11 50	19 38	9 24	21 34	
16	V		198	4 03	11 50	19 37	10 32	21 52	
17	H	30	199	4 04	11 50	19 36	11 39	22 10	
18	K		200	4 05	11 50	19 35	12 46	22 30)) 08 46
19	Sz		201	4 06	11 50	19 34	13 52	22 55	
20	Cs		202	4 07	11 50	19 33	14 58	23 26	
21	P		203	4 08	11 50	19 32	16 00	—	
22	Sz		204	4 09	11 50	19 31	16 58	0 04	
23	V		205	4 11	11 51	19 30	17 47	0 52	
24	H	31	206	4 12	11 50	19 28	18 29	1 51	
25	K		207	4 13	11 50	19 27	19 02	2 57	
26	Sz		208	4 14	11 50	19 26	19 30	4 09	○ 08 24
27	Cs		209	4 15	11 50	19 25	19 52	5 24	
28	P		210	4 17	11 50	19 24	20 13	6 39	
29	Sz		211	4 18	11 50	19 22	20 32	7 55	
30	V		212	4 19	11 50	19 21	20 52	9 11	
31	H	32	213	4 20	11 50	19 20	21 14	10 28	

Hold: 7-én 24^h-kor földközélen

19-én 21^h-kor földtávolban

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2441...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	"	h m	° '
...499,5	18 36 34,514	6 40	+23 07	15 45	22 01	— 9 01
500,5	18 40 31,077	6 44	23 03	15 45	22 50	— 3 16
501,5	18 44 27,619	6 49	22 59	15 45	23 39	+ 2 44
502,5	18 48 24,171	6 53	22 54	15 45	0 30	8 43
503,5	18 52 20,724	6 57	22 48	15 45	1 22	14 21
504,5	18 56 17,281	7 01	22 42	15 45	2 18	19 17
505,5	19 00 13,841	7 05	22 36	15 45	3 18	23 08
506,5	19 04 10,404	7 09	22 30	15 45	4 22	25 30
507,5	19 08 06,970	7 13	22 23	15 45	5 26	26 09
508,5	19 12 03,536	7 17	22 15	15 45	6 31	24 59
509,5	19 16 00,100	7 21	22 08	15 45	7 32	22 13
510,5	19 19 56,661	7 25	21 59	15 45	8 29	18 10
511,5	19 23 53,219	7 30	21 51	15 45	9 22	13 15
512,5	19 27 49,774	7 34	21 42	15 46	10 12	7 51
513,5	19 31 46,326	7 38	21 33	15 46	10 58	+ 2 15
514,5	19 35 42,877	7 42	21 23	15 46	11 43	— 3 16
515,5	19 39 39,428	7 46	21 13	15 46	12 28	8 33
516,5	19 43 35,981	7 50	21 03	15 46	13 13	13 25
517,5	19 47 32,535	7 54	20 52	15 46	13 59	17 43
518,5	19 51 29,091	7 58	20 41	15 46	14 47	21 18
519,5	19 55 25,649	8 02	20 30	15 46	15 37	24 01
520,5	19 59 22,209	8 06	20 18	15 46	16 29	25 41
521,5	20 03 18,770	8 10	20 06	15 46	17 23	26 10
522,5	20 07 15,332	8 14	19 54	15 46	18 18	25 22
523,5	20 11 11,894	8 18	19 41	15 46	19 12	23 17
524,5	20 15 08,454	8 22	19 28	15 46	20 06	19 59
525,5	20 19 05,012	8 26	19 15	15 47	20 58	15 38
526,5	20 23 01,567	8 29	19 01	15 47	21 49	10 27
527,5	20 26 58,119	8 33	18 47	15 47	22 38	— 4 42
528,5	20 30 54,669	8 37	18 33	15 47	23 28	+ 1 20
529,5	20 34 51,220	8 41	+18 18	15 47	0 18	+ 7 23

Péld: 5-én 17^h36^m-kor naptávolban (KözEI)

I. AUGUSZTUS

KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)									
DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Budapesten					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K	(32)	214	4 22	11 50	19 18	21 39	11 48	☾ 09 02
2	Sz		215	4 23	11 50	19 17	22 10	13 08	
3	Cs		216	4 24	11 50	19 15	22 51	14 27	
4	P		217	4 26	11 50	19 14	23 44	15 40	
5	Sz		218	4 27	11 50	19 12	—	16 43	
6	V	33	219	4 28	11 50	19 11	0 50	17 32	● 06 26
7	H		220	4 29	11 50	19 09	2 04	18 09	
8	K		221	4 31	11 49	19 08	3 21	18 38	
9	Sz		222	4 32	11 49	19 06	4 39	19 01	
10	Cs		223	4 33	11 49	19 05	5 54	19 21	
11	P	34	224	4 35	11 49	19 03	7 05	19 39	☽ 02 09
12	Sz		225	4 36	11 49	19 01	8 15	19 57	
13	V		226	4 37	11 49	19 00	9 23	20 15	
14	H		227	4 38	11 48	18 58	10 30	20 34	
15	K		228	4 40	11 48	18 56	11 37	20 57	
16	Sz	35	229	4 41	11 48	18 55	12 43	21 25	☾ 02 09
17	Cs		230	4 42	11 48	18 53	13 47	22 00	
18	P		231	4 44	11 48	18 51	14 47	22 44	
19	Sz		232	4 45	11 47	18 49	15 38	23 37	
20	V		233	4 46	11 47	18 48	16 24	—	
21	H	36	234	4 48	11 47	18 46	17 01	0 40	○ 19 22
22	K		235	4 49	11 47	18 44	17 30	1 50	
23	Sz		236	4 50	11 46	18 42	17 55	3 04	
24	Cs		237	4 51	11 46	18 40	18 17	4 20	
25	P		238	4 53	11 46	18 38	18 37	5 37	
26	Sz	36	239	4 54	11 45	18 36	18 57	6 54	
27	V		240	4 56	11 45	18 35	19 19	8 13	
28	H		241	4 57	11 45	18 33	19 44	9 34	
29	K		242	4 58	11 45	18 31	20 14	10 56	
30	Sz		243	5 00	11 45	18 29	20 52	12 16	
31	Cs		244	5 01	11 44	18 27	21 40	13 32	☾ 13 48

Hold: 3-án 16^h-kor földközeli

16-án 16^h-kor földtávolban

28-án 21^h-kor földközeli

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julian datum 2441...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...530,5	20 38 47,771	8 45	+18 03	15 47	1 10	+13 07
531,5	20 42 44,325	8 49	17 48	15 47	2 05	18 12
532,5	20 46 40,882	8 53	17 33	15 47	3 03	22 16
533,5	20 50 37,442	8 57	17 17	15 47	4 04	25 00
534,5	20 54 34,005	9 01	17 01	15 48	5 07	26 08
535,5	20 58 30,568	9 04	16 44	15 48	6 10	25 33
536,5	21 02 27,131	9 08	16 28	15 48	7 11	23 21
537,5	21 06 23,691	9 12	16 11	15 48	8 09	19 47
538,5	21 10 20,248	9 16	15 54	15 48	9 03	15 12
539,5	21 14 16,802	9 20	15 36	15 48	9 53	9 57
540,5	21 18 13,353	9 23	15 19	15 48	10 41	+ 4 23
541,5	21 22 09,902	9 27	15 01	15 49	11 27	- 1 14
542,5	21 26 06,451	9 31	14 43	15 49	12 12	6 40
543,5	21 30 03,001	9 35	14 24	15 49	12 57	11 45
544,5	21 33 59,552	9 38	14 06	15 49	13 43	16 17
545,5	21 37 56,105	9 42	13 47	15 49	14 31	20 08
546,5	21 41 52,660	9 46	13 28	15 49	15 20	23 09
547,5	21 45 49,218	9 50	13 09	15 50	16 11	25 11
548,5	21 49 45,776	9 53	12 49	15 50	17 04	26 05
549,5	21 53 42,336	9 57	12 29	15 50	17 59	25 44
550,5	21 57 38,895	10 01	12 10	15 50	18 53	24 08
551,5	22 01 35,454	10 05	11 50	15 50	19 47	21 16
552,5	22 05 32,010	10 08	11 29	15 51	20 40	17 16
553,5	22 09 28,564	10 12	11 09	15 51	21 31	12 19
554,5	22 13 25,115	10 16	10 48	14 51	22 22	6 40
555,5	22 17 21,664	10 19	10 28	15 51	23 13	- 0 34
556,5	22 21 18,212	10 23	10 07	15 51	0 04	+ 5 39
557,5	22 25 14,760	10 27	9 46	15 52	0 57	11 37
558,5	22 29 11,311	10 30	9 24	15 52	1 52	16 58
559,5	22 33 07,866	10 34	9 03	15 52	2 50	21 20
560,5	22 37 04,423	10 37	+ 8 41	15 52	3 50	+24 24

I. SZEPTEMBER

KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)									
DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Budapestben					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	P	(36)	245	5 02	11 44	18 25	22 41	14 37	
2	Sz		246	5 04	11 44	18 23	23 51	15 28	
3	V		247	5 05	11 43	18 21	—	16 09	
4	H	37	248	5 07	11 43	18 19	1 07	16 40	
5	K		249	5 08	11 43	18 17	2 22	17 05	
6	Sz		250	5 09	11 42	18 15	3 37	17 26	
7	Cs		251	5 11	11 42	18 13	4 48	17 44	● 18 28
8	P		252	5 12	11 42	18 11	5 58	18 02	
9	Sz		253	5 13	11 42	18 09	7 07	18 20	
10	V		254	5 15	11 41	18 07	8 14	18 39	
11	H	38	255	5 16	11 41	18 05	9 21	19 01	
12	K		256	5 17	11 40	18 03	10 28	19 27	
13	Sz		257	5 18	11 40	18 01	11 33	19 59	
14	Cs		258	5 20	11 40	17 59	12 34	20 38	
15	P		259	5 21	11 39	17 57	13 29	21 27	☾ 20 13
16	Sz		260	5 22	11 38	17 54	14 17	22 25	
17	V		261	5 24	11 38	17 52	14 56	23 31	
18	H	39	262	5 25	11 38	17 50	15 28	—	
19	K		263	5 26	11 37	17 48	15 56	0 42	
20	Sz		264	5 28	11 37	17 46	16 19	1 57	
21	Cs		265	5 29	11 37	17 44	16 40	3 12	
22	P		266	5 30	11 36	17 42	17 00	4 30	
23	Sz		267	5 32	11 36	17 40	17 22	5 50	○ 05 07
24	V		268	5 33	11 36	17 38	17 46	7 11	
25	H	40	269	5 34	11 35	17 36	18 15	8 35	
26	K		270	5 36	11 35	17 34	18 51	9 59	
27	Sz		271	5 37	11 35	17 32	19 37	11 19	
28	Cs		272	5 39	11 35	17 30	20 35	12 28	
29	P		273	5 40	11 34	17 28	21 43	13 26	☾ 20 16
30	Sz		274	5 41	11 34	17 26	22 57	14 09	

Hold: 13-án 11^h-kor földtávolban

25-én 08^h-kor földközeli

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián datum 2441...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...561,5	22 41 00,983	10 41	+ 8 20	15 52	4 52	+ 25 54
562,5	22 44 57,544	10 45	7 58	15 53	5 54	25 45
563,5	22 48 54,105	10 48	7 36	15 53	6 55	23 59
564,5	22 52 50,664	10 52	7 14	15 53	7 52	20 51
565,5	22 56 47,219	10 56	6 52	15 53	8 47	16 38
566,5	23 00 43,772	10 59	6 29	15 54	9 37	11 41
567,5	23 04 40,321	11 03	6 07	15 54	10 25	6 17
568,5	23 08 36,869	11 06	5 45	15 54	11 12	+ 0 43
569,5	23 12 33,417	11 10	5 22	15 54	11 57	- 4 47
570,5	23 16 29,964	11 14	4 59	15 55	12 42	9 59
571,5	23 20 26,513	11 17	4 36	15 55	13 28	14 43
572,5	23 24 23,064	11 21	4 14	15 55	14 15	18 49
573,5	23 28 19,617	11 24	3 51	15 55	15 04	22 06
574,5	23 32 16,171	11 28	3 28	15 56	15 54	24 27
575,5	23 36 12,728	11 32	3 05	15 56	16 46	25 43
576,5	23 40 09,286	11 35	2 41	15 56	17 40	25 49
577,5	23 44 05,844	11 39	2 18	15 56	18 33	24 41
578,5	23 48 02,401	11 42	1 55	15 57	19 26	22 20
579,5	23 51 58,957	11 46	1 32	15 57	20 19	18 50
580,5	23 55 55,510	11 49	1 09	15 57	21 11	14 19
581,5	23 59 52,061	11 53	0 45	15 57	22 02	8 58
582,5	0 03 48,610	11 57	+ 0 22	15 58	22 53	- 3 00
583,5	0 07 45,157	12 00	- 0 01	15 58	23 44	+ 3 15
584,5	0 11 41,704	12 04	0 25	15 58	0 38	9 27
585,5	0 15 38,253	12 07	0 48	15 59	1 34	15 10
586,5	0 19 34,806	12 11	1 12	15 59	2 32	20 00
587,5	0 23 31,362	12 15	1 35	15 59	3 34	23 32
588,5	0 27 27,921	12 18	1 58	15 59	4 37	25 29
589,5	0 31 24,482	12 22	2 22	16 00	5 40	25 42
590,5	0 35 21,042	12 25	- 2 45	16 00	6 41	+ 24 18

Föld: 22-én 23^h33^m-kor ősz kezdete (Közlel)

I. OKTÓBER

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					
				Budapesten					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	V	(40)	275	5 43	11 34	17 24		14 43	
2	H	41	276	5 44	11 33	17 22	0 12	15 10	
3	K		277	5 45	11 33	17 20	1 26	15 31	
4	Sz		278	5 47	11 33	17 18	2 37	15 51	
5	Cs		279	5 48	11 32	17 16	3 47	16 08	
6	P		280	5 50	11 32	17 14	4 54	16 26	
7	Sz		281	5 51	11 32	17 12	6 01	16 44	● 09 08
8	V		282	5 53	11 32	17 10	7 08	17 05	
9	II	42	283	5 54	11 31	17 08	8 15	17 30	
10	K		284	5 56	11 31	17 06	9 21	17 59	
11	Sz		285	5 57	11 31	17 04	10 23	18 37	
12	Cs		286	5 58	11 30	17 02	11 20	19 22	
13	P		287	6 00	11 30	17 00	12 10	20 15	
14	Sz		288	6 01	11 30	16 58	12 51	21 16	
15	V		289	6 03	11 30	16 56	13 26	22 23	☾ 13 55
16	H	43	290	6 04	11 30	16 55	13 55	23 34	
17	K		291	6 05	11 29	16 53	14 19		
18	Sz		292	6 07	11 29	16 51	14 40	0 48	
19	Cs		293	6 08	11 29	16 49	15 01	2 03	
20	P		294	6 10	11 29	16 47	15 22	3 20	
21	Sz		295	6 11	11 29	16 46	15 45	4 41	
22	V		296	6 13	11 29	16 44	16 13	6 05	○ 14 25
23	H	44	297	6 14	11 28	16 42	16 46	7 30	
24	K		298	6 16	11 28	16 40	17 29	8 55	
25	Sz		299	6 17	11 28	16 39	18 25	10 12	
26	Cs		300	6 18	11 28	16 37	19 31	11 16	
27	P		301	6 20	11 28	16 35	20 46	12 06	
28	Sz		302	6 21	11 28	16 34	22 03	12 44	
29	V		303	6 23	11 28	16 32	23 17	13 13	☾ 05 41
30	H	45	304	6 24	11 27	16 30		13 36	
31	K		305	6 26	11 28	16 29	0 29	13 56	

Hold: 11-én 04^h-kor földtávolban
23-án 13^h-kor földközélen

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2441...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	° "	h m	° '
...591,5	0 39 17,601	12 29	— 3 08	16 00	7 40	+ 21 28
592,5	0 43 14,156	12 33	3 32	16 00	8 34	17 33
593,5	0 47 10,709	12 36	3 55	16 01	9 25	12 50
594,5	0 51 07,259	12 40	4 18	16 01	10 13	7 38
595,5	0 55 03,807	12 44	4 41	16 01	10 59	+ 2 13
596,5	0 59 00,355	12 47	5 04	16 02	11 44	— 3 13
597,5	1 02 56,902	12 51	5 27	16 02	12 29	8 27
598,5	1 06 53,450	12 55	5 50	16 02	13 14	13 17
599,5	1 10 50,001	12 58	6 13	16 02	14 01	17 32
600,5	1 14 46,553	13 02	6 36	16 03	14 49	21 03
601,5	1 18 43,108	13 06	6 59	16 03	15 39	23 40
602,5	1 22 39,664	13 09	7 21	16 03	16 31	25 14
603,5	1 26 36,222	13 13	7 44	16 03	17 23	25 40
604,5	1 30 32,780	13 17	8 06	16 04	18 16	24 56
605,5	1 34 29,338	13 20	8 28	16 04	19 08	23 01
606,5	1 38 25,895	13 24	8 50	16 04	20 00	19 59
607,5	1 42 22,450	13 28	9 13	16 05	20 50	15 57
608,5	1 46 19,002	13 32	9 34	16 05	21 41	11 03
609,5	1 50 15,552	13 35	9 56	16 05	22 31	— 5 28
610,5	1 54 12,101	13 39	10 18	16 05	23 21	+ 0 35
611,5	1 58 08,649	13 43	10 39	16 06	0 14	6 47
612,5	2 02 05,198	13 47	11 01	16 06	1 09	12 45
613,5	2 06 01,751	13 50	11 22	16 06	2 08	18 03
614,5	2 09 58,307	13 54	11 43	16 07	3 10	22 12
615,5	2 13 54,867	13 58	12 03	16 07	4 15	24 48
616,5	2 17 51,430	14 02	12 24	16 07	5 20	25 35
617,5	2 21 47,992	14 06	12 44	16 07	6 24	24 36
618,5	2 25 44,554	14 10	13 05	16 08	7 25	22 03
619,5	2 29 41,112	14 13	13 25	16 08	8 21	18 19
620,5	2 33 37,667	14 17	13 45	16 08	9 13	13 44
621,5	2 37 34,220	14 21	— 14 04	16 08	10 02	+ 8 39

I. NOVEMBER

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)						A HOLD fény-változásai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(45)	306	6 28	11 28	16 27	1 38	14 14		
2	Cs		307	6 29	11 28	16 26	2 46	14 32		
3	P		308	6 31	11 28	16 24	3 53	14 50		
4	Sz		309	6 32	11 28	16 23	4 59	15 10		
5	V		310	6 34	11 28	16 21	6 05	15 34		
6	H	46	311	6 35	11 28	16 20	7 11	16 02	● 02 21	
7	K		312	6 37	11 28	16 18	8 14	16 36		
8	Sz		313	6 38	11 28	16 17	9 13	17 19		
9	Cs		314	6 40	11 28	16 15	10 05	18 10		
10	P		315	6 41	11 28	16 14	10 49	19 08		
11	Sz	47	316	6 43	11 28	16 13	11 26	20 13		
12	V		317	6 44	11 28	16 11	11 55	21 20		
13	H		318	6 46	11 28	16 10	12 20	22 30		
14	K		319	6 47	11 28	16 09	12 42	23 42	☾ 06 01	
15	Sz		320	6 49	11 29	16 08	13 02	—		
16	Cs	48	321	6 50	11 29	16 07	13 22	0 56		
17	P		322	6 52	11 29	16 06	13 44	2 12		
18	Sz		323	6 53	11 29	16 05	14 08	3 32		
19	V		324	6 55	11 30	16 04	14 38	4 55		
20	H		325	6 56	11 30	16 03	15 16	6 21		
21	K	49	326	6 58	11 30	16 02	16 07	7 44	○ 00 07	
22	Sz		327	6 59	11 30	16 01	17 10	8 57		
23	Cs		328	7 00	11 30	16 00	18 25	9 55		
24	P		329	7 02	11 31	15 59	19 44	10 40		
25	Sz		330	7 03	11 31	15 59	21 02	11 13		
26	V	49	331	7 04	11 31	15 58	22 17	11 39		
27	H		332	7 06	11 32	15 57	23 29	12 01	☾ 18 45	
28	K		333	7 07	11 32	15 57	—	12 20		
29	Sz		334	7 08	11 32	15 56	0 38	12 38		
30	Cs		335	7 10	11 33	15 56	1 45	12 56		

Hold: 7-én 14^h-kor földtávolban
21-én 01^h-kor földközelen

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2441...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
... 622,5	2 41 30,770	14 25	-14 24	16 09	10 48	+ 3 19
623,5	2 45 27,319	14 29	14 43	16 09	11 33	- 2 03
624,5	2 49 23,869	14 33	15 02	16 09	12 18	7 15
625,5	2 53 20,419	14 37	15 20	16 09	13 03	12 07
626,5	2 57 16,971	14 41	15 39	16 10	13 49	16 28
627,5	3 01 13,525	14 45	15 57	16 10	14 36	20 09
628,5	3 05 10,081	14 49	16 15	16 10	15 26	22 58
629,5	3 09 06,639	14 53	16 32	16 10	16 17	24 47
630,5	3 13 03,199	14 57	16 50	16 10	17 09	25 29
631,5	3 16 59,759	15 01	17 07	16 11	18 02	25 01
632,5	3 20 56,319	15 05	17 23	16 11	18 54	23 25
633,5	3 24 52,878	15 09	17 40	16 11	19 45	20 43
634,5	3 28 49,436	15 13	17 56	16 11	20 35	17 03
635,5	3 32 45,992	15 17	18 12	16 12	21 23	12 33
636,5	3 36 42,545	15 21	18 27	16 12	22 12	7 22
637,5	3 40 39,097	15 25	18 43	16 12	23 00	- 1 41
638,5	3 44 35,647	15 30	18 57	16 12	23 51	+ 4 16
639,5	3 48 32,198	15 34	19 12	16 13	0 43	10 12
640,5	3 52 28,751	15 38	19 26	16 13	1 40	15 45
641,5	3 56 25,309	15 42	19 40	16 13	2 40	20 25
642,5	4 00 21,870	15 46	19 53	16 13	3 45	23 45
643,5	4 04 18,434	15 50	20 07	16 13	4 52	25 21
644,5	4 08 15,000	15 55	20 19	16 14	5 59	25 02
645,5	4 12 11,565	15 59	20 32	16 14	7 03	22 57
646,5	4 16 08,128	16 03	20 44	16 14	8 02	19 27
647,5	4 20 04,687	16 07	20 55	16 14	8 58	14 57
648,5	4 24 01,243	16 12	21 06	16 14	9 48	9 51
649,5	4 27 57,797	16 16	21 17	16 14	10 36	+ 4 29
650,5	4 31 54,349	16 20	21 28	16 15	11 22	- 0 56
651,5	4 35 50,900	16 24	-21 38	16 15	12 07	- 6 11

I. DECEMBER

KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)									
DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Budapesten					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	P	(49)	336	7 11	11 33	15 55	2 51	13 15	● 21 24
2	Sz		337	7 12	11 34	15 55	3 57	13 38	
3	V		338	7 13	11 34	15 54	5 03	14 04	
4	H		339	7 14	11 34	15 54	6 07	14 37	
5	K		340	7 15	11 35	15 54	7 07	15 16	
6	Sz	50	341	7 17	11 35	15 53	8 01	16 05	
7	Cs		342	7 18	11 36	15 53	8 48	17 02	
8	P		343	7 19	11 36	15 53	9 26	18 05	
9	Sz		344	7 20	11 37	15 53	9 58	19 12	
10	V		345	7 21	11 37	15 53	10 24	20 20	
11	H	51	346	7 22	11 38	15 53	10 46	21 30	☾ 19 36
12	K		347	7 22	11 38	15 53	11 06	22 42	
13	Sz		348	7 23	11 38	15 53	11 26	23 53	
14	Cs		349	7 24	11 39	15 53	11 46		
15	P		350	7 25	11 39	15 53	12 07	1 09	
16	Sz	52	351	7 26	11 40	15 54	12 34	2 27	○ 10 45
17	V		352	7 27	11 41	15 54	13 06	3 49	
18	H		353	7 27	11 41	15 54	13 49	5 12	
19	K		354	7 28	11 41	15 54	14 45	6 29	
20	Sz		355	7 28	11 42	15 55	15 50	7 36	
21	Cs	53	356	7 29	11 42	15 55	17 14	8 28	☾ 11 27
22	P		357	7 29	11 42	15 55	18 36	9 08	
23	Sz		358	7 30	11 43	15 56	19 55	9 38	
24	V		359	7 30	11 44	15 57	21 11	10 03	
25	H		360	7 31	11 45	15 58	22 23	10 23	
26	K		361	7 31	11 45	15 58	23 32	10 43	
27	Sz		362	7 31	11 45	15 59		11 01	
28	Cs		363	7 32	11 46	16 00	0 40	11 20	
29	P		364	7 32	11 47	16 01	1 47	11 42	
30	Sz		365	7 32	11 47	16 01	2 53	12 07	
31	V		366	7 32	11 47	16 02	3 57	12 37	

Hold: 4-én 15^h-kor földtávolban

19-én 14^h-kor földközeli

31-én 23^h-kor földtávolban

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2441...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...652,5	4 39 47,452	16 29	-21 47	16 15	12 51	-11 07
653,5	4 43 44,006	16 33	21 56	16 15	13 37	15 33
654,5	4 47 40,562	16 37	22 05	16 15	14 24	19 22
655,5	4 51 37,120	16 42	22 14	16 15	15 13	22 22
656,5	4 55 33,680	16 46	22 21	16 15	16 04	24 24
657,5	4 59 30,242	16 50	22 29	16 16	16 56	25 22
658,5	5 03 26,804	16 55	22 36	16 16	17 49	25 10
659,5	5 07 23,367	16 59	22 42	16 16	18 41	23 48
660,5	5 11 19,928	17 04	22 49	16 16	19 32	21 20
661,5	5 15 16,488	17 08	22 54	16 16	20 22	17 53
662,5	5 19 13,046	17 12	23 00	16 16	21 11	13 36
663,5	5 23 09,602	17 17	23 04	16 16	21 58	8 40
664,5	5 27 06,156	17 21	23 09	16 16	22 46	- 3 15
665,5	5 31 02,708	17 26	23 12	16 17	23 34	+ 2 26
666,5	5 34 59,261	17 30	23 16	16 17	0 23	8 12
667,5	5 38 55,815	17 34	23 19	16 17	1 16	13 42
668,5	5 42 52,372	17 39	23 21	16 17	2 13	18 36
669,5	5 46 48,933	17 43	23 23	16 17	3 14	22 28
670,5	5 50 45,497	17 48	23 25	16 17	4 20	24 50
671,5	5 54 42,064	17 52	23 26	16 17	5 27	25 24
672,5	5 58 38,631	17 57	23 26	16 17	6 33	24 05
673,5	6 02 35,197	18 01	23 27	16 17	7 36	21 05
674,5	6 06 31,759	18 06	23 26	16 17	8 35	16 49
675,5	6 10 28,318	18 10	23 25	16 17	9 29	11 44
676,5	6 14 24,873	18 14	23 24	16 17	10 20	6 14
677,5	6 18 21,426	18 19	23 22	16 17	11 07	+ 0 39
678,5	6 22 17,979	18 23	23 20	16 17	11 53	- 4 47
679,5	6 26 14,531	18 28	23 17	16 17	12 39	9 53
680,5	6 30 11,086	18 32	23 14	16 17	13 24	14 30
681,5	6 34 07,641	18 37	23 11	16 18	14 11	18 30
682,5	6 38 04,199	18 41	-23 07	16 18	15 00	-21 43

Föld: 21-én 19^h13^m-kor tél kezdete (KözEI)

II. A NAP forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának héliografikus koordinátái O^h világidőkor

Dátum	P	B_0	L_0	Dátum	P	B_0	L_0
	°	°	°		°	°	°
I. 1	+ 2,5	- 3,0	352,1	VII. 4	- 1,3	+ 3,3	70,4
6	+ 0,0	3,6	286,2	9	+ 1,0	3,8	4,2
11	- 2,4	4,1	220,4	14	3,2	4,3	298,0
16	4,8	4,6	154,5	19	5,4	4,8	231,9
21	7,1	5,1	88,7	24	7,6	5,2	165,7
26	9,3	5,5	22,9	29	9,7	5,6	99,6
31	11,5	5,9	317,0	VIII. 3	11,7	6,0	33,4
II. 5	13,5	6,3	251,2	8	13,6	6,3	327,3
10	15,4	6,6	185,4	13	15,4	6,6	261,2
15	17,2	6,8	119,5	18	17,1	6,8	195,1
20	18,8	7,0	53,7	23	18,6	7,0	129,1
25	20,3	7,1	347,8	28	20,1	7,1	63,0
III. 1	21,6	7,2	282,0	IX. 2	21,4	7,2	356,9
6	22,8	7,3	216,1	7	22,6	7,3	290,9
11	23,8	7,2	150,2	12	23,6	7,2	224,9
16	24,7	7,1	84,3	17	24,5	7,2	158,9
21	25,3	7,0	18,4	22	25,2	7,0	92,9
26	25,9	6,8	312,5	27	25,7	6,9	26,9
31	26,2	6,6	246,5	X. 2	26,1	6,7	320,9
IV. 5	26,3	6,3	180,6	7	26,3	6,4	254,9
10	26,3	5,9	114,6	12	26,3	6,1	189,0
15	26,1	5,6	48,6	17	26,2	5,7	123,0
20	25,7	5,2	342,5	22	25,8	5,3	57,1
25	25,1	4,7	276,5	27	25,3	4,8	351,1
30	24,3	4,2	210,4	XI. 1	24,5	4,3	285,2
V. 5	23,4	3,7	144,3	6	23,6	3,8	219,3
10	22,3	3,2	78,2	11	22,5	3,3	153,4
15	21,0	2,6	12,1	16	21,1	2,7	87,4
20	19,5	2,0	305,9	21	19,6	2,1	21,5
25	17,9	1,4	239,8	26	17,9	1,5	315,6
30	16,2	0,8	173,6	XII. 1	16,1	0,8	249,7
VI. 4	14,3	- 0,2	107,5	6	14,1	+ 0,2	183,8
9	12,3	+ 0,4	41,3	11	11,9	- 0,5	118,0
14	10,2	1,0	335,1	16	9,7	1,1	52,1
19	8,0	1,6	268,9	21	7,4	1,7	346,2
24	5,8	2,1	202,7	26	5,0	2,4	280,3
29	- 3,6	+ 2,7	136,6	31	+ 2,6	- 3,0	214,5

P: A Nap forgási tengelyének helyzetét a napkorong „geocentrikus” Észak – Dél irányától számítjuk, pozitívnak véve a keleti irányú elhajlást

III. A HOLDKÖRÖNG sugara O^h világidőkor

	' "		' "		' "
I. 1	15 56	V. 3	14 58	IX. 3	15 54
4	15 21	6	15 29	6	15 31
7	14 53	9	16 12	9	15 06
10	14 47	12	16 42	12	14 48
13	15 06	15	16 29	15	14 49
16	15 36	18	15 46	18	15 14
19	16 00	21	15 05	21	15 55
22	16 09	24	14 45	24	16 25
25	16 04	27	14 44	27	16 23
28	15 49	30	14 57	30	15 57
31	15 24	VI. 2	15 21	X. 3	15 28
II. 3	14 58	5	15 54	6	15 04
6	14 46	8	16 26	9	14 47
9	14 59	11	16 32	12	14 44
12	15 32	14	16 02	15	15 01
15	16 08	17	15 18	18	15 40
18	16 22	20	14 50	21	16 25
21	16 08	23	14 45	24	16 40
24	15 44	26	14 59	27	16 14
27	15 20	29	15 21	30	15 34
III. 1	14 58	VII. 2	15 46	XI. 2	15 03
4	14 45	5	16 10	5	14 46
7	14 50	8	16 22	8	14 42
10	15 19	11	16 07	11	14 52
13	16 03	14	15 30	14	15 22
16	16 34	17	14 58	17	16 07
19	16 26	20	14 46	20	16 43
22	15 52	23	14 59	23	16 35
25	15 19	26	15 24	26	15 52
28	14 56	29	15 50	29	15 10
31	14 44	VIII. 1	16 06	XII. 2	14 47
IV. 3	14 45	4	16 10	5	14 42
6	15 06	7	16 00	8	14 50
9	15 46	10	15 34	11	15 11
12	16 30	13	15 04	14	15 46
15	16 42	16	14 47	17	16 26
18	16 11	19	14 55	20	16 41
21	15 28	22	15 23	23	16 12
24	14 57	25	15 56	26	15 28
27	14 43	28	16 14	29	14 53
30	14 44	31	16 10		

IV. Bolygókorongok megvilágításának adatai

Dátum	MERKUR		VÉNUSZ		MARS	
	K	I	K	I	K	I
	%	°	%	°	%	°
I. 4	69	68	85	46	87	42
14	83	48	83	49	88	41
24	91	34	80	53	89	40
II. 3	96	22	77	57	89	38
13	99	9	74	61	90	37
23	99	14	71	65	91	36
III. 4	84	47	67	70	91	34
14	46	94	63	75	92	33
24	10	143	59	80	93	31
IV. 3	1	168	54	86	94	30
13	16	133	48	92	94	28
23	35	108	42	99	95	26
V. 3	51	89	35	108	96	24
13	67	70	26	118	96	23
23	84	46	17	131	97	21
VI. 2	99	12	8	148	97	19
12	94	29	1	168	98	17
22	75	60	1	170	98	15
VII. 2	57	82	7	149	99	13
12	41	101	16	133	99	11
22	24	122	25	120	99	9
VIII. 1	6	151	33	109	100	7
11	2	162	41	101	100	6
21	25	120	47	94	100	4
31	66	72	52	87	100	2
IX. 10	94	29	57	82	100	1
20	100	4	62	76	100	3
30	98	18	66	71	100	5
X. 10	93	32	70	67	100	7
20	86	44	73	62	99	9
30	75	60	77	58	99	11
XI. 9	54	85	80	54	99	13
19	18	130	82	50	98	15
29	4	158	85	46	98	17
XII. 9	45	96	87	42	97	19
19	74	61	89	38	97	21
29	88	41	91	35	96	23

K: a bolygó korongjának a Nap által megvilágított hányada;

I: a bolygó centrumából nézve a Nap és Föld látszólagos szögtávolsága

V. A szabad szemmel látható bolygók adatai

M e r k u r

0 ^h világidőkor						KözEI-ben Budapesten		
Dátum	RA	D	Látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug- szik
	h m	° '	"	Cs. E.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	17 04,9	− 20 51	3,33	1,00	− 0,1	5 45	10 10	14 35
11	17 55,6	22 54	2,82	1,18	0,2	6 08	10 22	14 36
21	18 57,2	23 31	2,56	1,31	0,3	6 28	10 45	15 01
II. 1	20 10,3	21 50	2,41	1,38	0,5	6 53	11 15	15 36
11	21 18,9	17 51	2,38	1,40	0,9	6 58	11 41	16 24
21	22 28,2	11 29	2,46	1,36	1,3	7 00	12 14	17 28
III. 1	23 29,8	− 4 00	2,69	1,24	1,1	6 54	12 42	18 30
11	0 28,0	+ 4 31	3,33	1,00	− 0,2	6 32	12 58	19 23
21	0 53,2	9 11	4,49	0,74	+ 1,1	5 56	12 41	19 26
IV. 1	0 34,1	6 42	5,62	0,59	3,1	5 05	11 37	18 09
11	0 14,7	1 53	5,40	0,62	1,7	4 29	10 40	17 00
21	0 23,6	0 28	4,57	0,73	1,0	4 05	10 10	16 16
V. 1	0 56,0	2 50	3,80	0,88	0,5	5 48	10 04	16 21
11	1 44,2	7 46	3,22	1,04	+ 0,1	3 35	10 14	16 52
21	2 46,8	14 14	2,79	1,20	− 0,6	3 28	10 38	17 47
VI. 1	4 15,6	21 20	2,55	1,31	1,7	3 37	11 24	19 10
11	5 49,5	24 58	2,58	1,29	1,4	4 12	12 19	20 26
21	7 16,3	24 16	2,86	1,17	− 0,5	5 04	13 05	21 07
VII. 1	8 23,7	20 37	3,33	1,00	+ 0,3	5 52	13 32	21 12
11	9 10,1	15 55	3,97	0,84	0,7	6 23	13 38	20 53
21	9 33,0	11 49	4,76	0,70	1,2	6 27	13 20	20 12
VIII. 1	9 24,8	10 17	5,53	0,60	2,3	5 37	12 27	19 16
11	8 56,9	12 40	5,33	0,63	2,6	4 18	11 20	18 21
21	8 51,9	15 43	4,19	0,80	+ 0,8	3 22	10 38	17 53
IX. 1	9 40,1	14 55	3,07	1,09	− 0,8	3 34	10 44	17 54
11	10 50,1	9 22	2,57	1,30	1,2	4 32	11 15	17 59
21	11 58,9	+ 1 40	2,40	1,39	1,2	5 47	11 44	17 42
X. 1	13 01,3	− 6 03	2,38	1,40	0,7	6 32	12 07	17 42
11	13 59,7	12 58	2,46	1,36	0,3	7 24	12 28	17 32
21	14 56,1	18 40	2,65	1,26	− 0,1	8 07	12 43	17 19
XI. 1	15 54,8	23 03	3,04	1,10	0,0	8 43	12 58	17 13
11	16 35,5	24 42	3,70	0,90	+ 0,2	8 46	12 58	17 10
21	16 33,9	22 49	4,69	0,71	1,5	7 58	12 14	16 30
XII. 1	15 46,1	17 39	4,64	0,72	+ 1,4	6 04	10 47	15 30
11	15 46,8	17 19	3,56	0,94	− 0,1	5 28	10 11	14 55
21	16 30,8	20 25	2,90	1,15	0,3	5 50	10 17	14 44
31	17 30,2	− 23 09	2,57	1,30	− 0,4	6 25	10 37	14 49

Vénusz

0 ^h világidőkor						KözEI-ben Budapesten		
Dátum	RA	D	Látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug- szik
	h m	° '	"	Cs. E.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	20 55,0	− 19 15	6,18	1,36	− 3,4	9 26	14 01	18 36
11	21 44,1	15 26	6,43	1,31	3,4	9 16	14 10	19 04
21	22 30,9	10 56	6,72	1,25	3,5	9 00	14 18	19 35
II. 1	23 20,1	5 29	7,09	1,19	3,5	8 42	14 23	20 04
11	0 03,5	− 0 16	7,49	1,12	3,6	8 24	14 27	20 31
21	0 46,0	+ 4 58	7,95	1,06	3,6	8 03	14 30	20 58
III. 1	1 24,1	9 32	8,45	1,00	3,7	7 46	14 33	21 19
11	2 06,5	14 15	9,10	0,92	3,8	7 26	14 36	21 45
21	2 49,1	18 28	9,89	0,85	3,8	7 08	14 39	22 09
IV. 1	3 36,0	22 18	10,98	0,77	3,9	6 51	14 42	22 34
11	4 17,8	24 56	12,22	0,69	4,0	6 37	14 45	22 52
21	4 57,5	26 40	13,79	0,61	4,1	6 27	14 45	23 03
V. 1	5 32,9	27 30	15,80	0,53	4,2	6 18	14 40	23 03
11	6 01,0	27 33	18,37	0,46	4,2	6 06	14 29	22 51
21	6 18,1	26 54	21,57	0,39	4,1	5 47	14 05	22 24
VI. 1	6 18,9	25 29	25,53	0,33	3,8	5 13	13 22	21 31
11	6 02,0	23 30	28,41	0,30	3,2	4 26	12 25	20 24
21	5 36,1	21 04	28,88	0,29	2,8	3 37	11 20	19 03
VII. 1	5 15,9	18 59	26,59	0,32	3,7	2 49	10 21	17 53
11	5 10,9	17 59	23,07	0,36	4,0	2 11	9 38	17 04
21	5 20,9	17 59	19,68	0,43	4,2	1 42	9 09	16 36
VIII. 1	5 45,3	18 35	16,62	0,51	4,2	1 20	8 50	16 20
11	6 16,1	19 10	14,46	0,58	4,1	1 09	8 42	16 15
21	6 52,5	19 25	12,76	0,66	4,0	1 04	8 39	16 13
IX. 1	7 37,1	18 59	11,30	0,74	3,9	1 08	8 40	16 12
11	8 20,2	17 49	10,24	0,82	3,8	1 18	8 44	16 09
21	9 04,4	15 50	9,38	0,90	3,8	1 34	8 49	16 04
X. 1	9 49,1	13 05	8,67	0,97	3,7	1 53	8 54	15 56
11	10 33,8	9 39	8,08	1,04	3,6	2 14	8 59	15 05
21	11 18,3	5 41	7,59	1,11	3,6	2 37	9 04	15 32
XI. 1	12 07,3	+ 0 53	7,13	1,18	3,5	3 04	9 10	15 16
11	12 52,1	− 3 34	6,77	1,24	3,5	3 29	9 15	15 02
21	13 37,7	8 11	6,47	1,30	3,5	3 55	9 22	14 48
XII. 1	14 24,7	12 28	6,21	1,36	3,4	4 22	9 29	14 37
11	15 13,3	16 17	5,98	1,41	3,4	4 49	9 39	14 28
21	16 03,9	19 26	5,78	1,45	3,4	5 17	9 50	14 23
31	16 56,3	21 41	5,61	1,50	− 3,4	5 42	10 03	14 24

látható bolygók adatai

Mars

0 ^h világidőkor						KözEI-ben Budapesten		
Dátum	RA	D	Látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug- szik
	h m	° '	''	Cs. E.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	0 12,7	+ 1 12	3,91	1,20	+0,6	11 10	17 18	23 26
11	0 36,2	3 58	3,65	1,28	0,7	10 39	17 01	23 22
21	1 00,1	6 41	3,41	1,37	0,8	10 12	16 45	23 19
II. 1	1 27,0	9 35	3,18	1,47	1,0	9 42	16 29	23 16
11	1 51,9	12 06	3,00	1,56	1,1	9 16	16 14	23 13
21	2 17,2	14 28	2,85	1,65	1,2	8 51	16 00	23 10
III. 1	2 40,5	16 26	2,71	1,73	1,3	8 28	15 48	23 08
11	3 06,8	18 25	2,58	1,81	1,4	8 05	15 35	23 05
21	3 33,6	20 10	2,46	1,90	1,5	7 44	15 23	23 02
IV. 1	4 03,6	21 47	2,35	1,99	1,6	7 21	15 09	22 57
11	4 31,2	22 57	2,26	2,07	1,7	7 03	14 57	22 52
21	4 59,2	23 49	2,19	2,14	1,8	6 46	14 46	22 46
V. 1	5 27,4	24 22	2,11	2,21	1,8	6 32	14 35	22 38
11	5 55,6	24 36	2,05	2,28	1,9	6 19	14 24	22 28
21	6 23,8	24 31	2,00	2,34	1,9	6 08	14 12	22 16
VI. 1	6 54,5	24 03	1,94	2,41	2,0	5 59	14 00	22 01
11	7 22,1	23 19	1,90	2,46	2,0	5 51	13 48	21 44
21	7 49,3	22 18	1,87	2,51	2,0	5 45	13 36	21 26
VII. 1	8 16,0	21 00	1,83	2,55	2,0	5 39	13 22	21 04
11	8 42,1	19 28	1,81	2,59	2,0	5 35	13 10	20 44
21	9 07,8	17 43	1,79	2,62	2,0	5 31	12 56	20 21
VIII. 1	9 35,5	15 34	1,77	2,64	2,0	5 26	12 40	19 14
11	10 00,1	13 25	1,76	2,66	2,0	5 22	12 25	19 20
21	10 24,3	11 09	1,75	2,67	2,0	5 17	12 10	19 03
IX. 1	10 50,7	8 30	1,75	2,67	2,0	5 12	11 53	18 34
11	11 14,4	6 01	1,75	2,67	1,9	5 08	11 37	18 07
21	11 38,0	3 27	1,76	2,66	2,0	5 03	11 22	17 40
X. 1	12 01,6	+ 0 51	1,77	2,64	2,0	4 59	11 06	17 12
11	12 25,2	- 1 45	1,79	2,62	2,0	4 55	10 50	16 45
21	12 49,1	4 22	1,81	2,59	2,0	4 51	10 34	16 18
XI. 1	13 15,7	7 10	1,84	2,55	2,0	4 46	10 18	15 49
11	13 40,3	9 40	1,87	2,51	2,0	4 42	10 03	15 23
21	14 05,4	12 03	1,90	2,46	1,9	4 39	9 49	14 58
XII. 1	14 31,1	14 18	1,95	2,40	1,9	4 36	9 35	14 34
11	14 57,5	16 23	2,00	2,35	1,9	4 33	9 22	14 10
21	14 24,6	18 16	2,05	2,28	1,8	4 30	9 10	13 49
31	15 52,4	19 56	2,11	2,22	+1,8	4 28	8 58	13 28

Jupiter

0 ^h világidőkor						KözEI-ben Budapesten		
Dátum	RA	D	Látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug- szik
	h m	" "	"	Cs. E.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	17 26,8	−22 50	14,76	6,23	−1,3	6 19	10 34	14 48
11	17 36,2	22 57	14,91	6,17	1,4	5 56	10 11	14 25
21	17 45,5	23 02	15,11	6,08	1,4	5 17	9 30	13 44
II. 1	17 55,1	23 04	15,39	5,97	1,4	4 43	8 57	13 11
11	18 03,3	23 05	15,70	5,85	1,5	4 12	8 26	12 40
21	18 10,9	23 04	16,06	5,72	1,5	3 40	7 54	12 07
III. 1	18 17,1	23 02	16,44	5,59	1,6	3 11	7 25	11 38
11	18 23,1	23 00	16,90	5,44	1,7	2 37	6 51	11 05
21	18 28,1	22 58	17,41	5,28	1,7	2 03	6 17	10 31
IV. 1	18 32,3	22 55	18,01	5,10	1,8	1 23	5 38	9 52
11	18 34,8	22 54	18,59	4,94	1,9	0 46	5 01	9 15
21	18 36,1	22 53	19,19	4,79	1,9	0 08	4 23	8 37
V. 1	18 35,9	22 54	19,78	4,65	2,0	23 24	3 43	7 58
11	18 34,4	22 56	20,35	4,52	2,1	22 44	3 02	7 17
21	18 31,7	22 59	20,85	4,41	2,1	22 02	2 20	6 34
VI. 1	18 27,3	23 03	21,31	4,31	2,2	21 09	1 33	5 46
11	18 22,5	23 07	21,61	4,25	2,2	20 31	0 49	5 02
21	18 17,1	23 11	21,76	4,22	2,2	19 57	0 14	4 27
VII. 1	18 11,6	23 14	21,76	4,22	2,2	19 02	23 15	3 32
11	18 06,3	23 17	21,62	4,25	2,2	18 18	22 30	2 47
21	18 01,5	23 19	21,33	4,31	2,2	17 34	21 46	2 03
VIII. 1	17 57,4	23 21	20,89	4,40	2,1	16 47	20 59	1 15
11	17 54,8	23 22	20,40	4,51	2,1	16 06	20 17	0 33
21	17 53,5	23 23	19,85	4,63	2,0	15 25	19 37	23 48
IX. 1	17 53,7	23 24	19,22	4,78	1,9	14 42	18 54	23 05
11	17 55,3	23 26	18,65	4,93	1,9	14 05	18 16	22 27
21	17 58,2	23 27	18,09	5,08	1,8	13 29	17 40	21 51
X. 1	18 02,3	23 28	17,56	5,23	1,8	12 54	17 05	21 16
11	18 07,5	23 29	17,07	5,38	1,7	12 20	16 30	20 41
21	18 13,8	23 28	16,63	5,53	1,6	11 46	15 58	20 08
XI. 1	18 21,6	23 26	16,20	5,67	1,6	11 11	15 22	19 34
11	18 29,5	23 22	15,86	5,79	1,5	10 39	14 51	19 02
21	18 38,1	23 16	15,58	5,90	1,5	10 08	14 20	18 32
XII. 1	18 47,2	23 08	15,35	5,99	1,5	9 36	13 50	18 03
11	18 56,6	22 57	15,17	6,06	1,4	9 06	13 20	17 24
21	19 06,4	22 43	15,04	6,11	1,4	8 35	12 50	17 06
31	19 16,3	−22 27	14,97	6,14	−1,4	8 04	12 21	16 38

látható bolygók adatai

S z a t u r n u s z

0 ^h világidőkor						KözEI-ben Budapesten			
Dátum	RA		D	Látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug- szik
	h	m					°	'	''
I.	1	3 54,9	+18 14	9,00	8,29	0,0	13 38	21 06	4 39
	11	3 52,9	18 10	8,87	8,40	+0,1	12 47	20 15	3 47
	21	3 51,7	18 09	8,73	8,54	0,2	12 07	19 35	2 07
II.	1	3 51,3	18 11	8,57	8,71	0,2	11 23	18 51	2 24
	11	3 51,6	18 15	8,41	8,87	0,3	10 44	18 12	1 45
	21	3 52,8	18 21	8,25	9,03	0,3	10 05	17 34	1 07
III.	1	3 54,5	18 29	8,12	9,18	0,3	9 31	17 00	0 34
	11	3 57,0	18 39	7,98	9,34	0,4	8 53	16 24	23 54
	21	4 00,1	18 51	7,85	9,49	0,4	8 16	15 47	23 19
IV.	1	4 04,2	19 05	7,73	9,65	0,4	7 36	15 08	22 41
	11	4 08,4	19 18	7,63	9,77	0,4	6 59	14 33	22 07
	21	4 13,1	19 32	7,55	9,87	0,4	6 23	13 58	21 34
V.	1	4 18,0	19 46	7,49	9,95	0,3	5 48	13 24	21 00
	11	4 23,2	19 59	7,45	10,01	0,3	5 12	12 50	20 28
	21	4 28,6	20 13	7,42	10,05	0,3	4 37	12 16	19 55
VI.	1	4 34,6	20 26	7,41	10,06	0,2	3 59	11 39	19 19
	11	4 40,1	20 38	7,42	10,05	0,3	3 24	11 05	18 46
	21	4 45,5	20 48	7,45	10,01	0,3	2 59	10 31	18 12
VII.	1	4 50,7	20 57	7,49	9,95	0,3	2 14	9 57	17 40
	11	4 55,8	21 05	7,55	9,87	0,3	1 39	9 22	17 05
	21	5 00,6	21 12	7,63	9,77	0,4	1 03	8 48	16 32
VIII.	1	5 05,4	21 18	7,74	9,64	0,4	0 25	8 10	15 54
	11	5 09,3	21 23	7,85	9,50	0,4	23 44	7 34	15 19
	21	5 12,7	21 26	7,97	9,35	0,3	23 08	6 58	14 44
IX.	1	5 15,7	21 28	8,12	9,18	0,3	22 27	6 18	14 04
	11	5 17,7	21 29	8,27	9,01	0,3	21 50	5 40	13 26
	21	5 19,0	21 30	8,43	8,85	0,2	21 12	5 02	12 48
X.	1	5 19,6	21 29	8,58	8,69	0,2	20 33	4 24	12 10
	11	5 19,3	21 28	8,74	8,54	0,1	19 54	3 44	11 30
	21	5 18,3	21 26	8,88	8,40	+0,1	19 14	3 04	10 45
XI.	1	5 16,3	21 23	9,02	8,26	0,0	18 29	2 18	10 04
	11	5 13,8	21 20	9,13	8,17	-0,1	17 47	1 37	9 22
	21	5 10,8	21 17	9,21	8,10	0,2	17 05	0 54	8 39
XII.	1	5 07,4	21 13	9,26	8,06	0,2	16 23	0 12	7 56
	11	5 03,9	21 09	9,27	8,05	0,3	15 40	23 25	7 13
	21	5 00,5	21 06	9,24	8,07	0,2	14 58	22 42	6 30
	31	4 57,2	+21 02	9,18	8,12	-0,1	14 16	21 59	5 47

VI. A MARS és JUPITER centrálmeridiánjának planetografikus

0 ^h világidőkor		MARS	JUPITER		SZATURNUSZ	
					a	b
		°	°	°	"	"
Január	4	94	I. 102	II. 332	45,12	18,65
	8	55	13	212	44,87	18,54
	12	15	284	92	44,60	18,42
	16	336	195	333	44,32	18,30
	20	297	106	213	44,03	18,18
	24	257	17	94	43,73	18,06
Február	28	218	288	334	43,42	17,94
	1	179	199	215	43,11	17,83
	5	139	110	95	42,80	17,71
	9	100	21	336	42,48	17,60
	13	61	292	216	42,17	17,49
	17	22	203	97	41,86	17,39
Március	21	343	115	338	41,55	17,28
	25	303	26	218	41,25	17,19
	29	264	297	99	40,95	17,10
	4	225	208	340	40,66	17,01
	8	186	120	221	40,38	16,93
	12	147	31	102	40,11	16,85
Április	16	108	303	343	39,85	16,78
	20	69	214	224	39,60	16,72
	24	30	126	105	39,36	16,66
	28	351	37	346	39,13	16,60
	1	312	309	227	38,91	16,56
	5	273	220	108	38,71	16,51
Május	9	235	132	349	38,52	16,47
	13	196	44	230	38,34	16,44
	17	157	316	111	38,18	16,41
	21	118	227	353	38,03	16,39
	25	79	139	234	37,89	16,37
	29	40	51	116	37,77	16,36
Június	3	2	323	357	37,66	16,35
	7	323	235	238	37,57	16,35
	11	284	147	120	37,49	16,35
	15	245	59	1	37,42	16,36
	19	206	331	243	37,37	16,37
	23	168	243	125	37,33	16,39
Július	27	129	156	6	37,31	16,41
	31	90	68	248	37,30	16,43
	4	51	340	130	37,31	16,46
	8	12	252	11	37,32	16,49
	12	334	164	253	37,36	16,53
	16	295	76	134	37,41	16,58
Augusztus	20	256	349	16	37,47	16,62
	24	217	261	258	37,54	16,67
	28	178	173	139	37,63	16,73

A megadott planetografikus hosszúságok a bolygók forgási tengelyével definiált koordinátákat adják meg; a Szaturnusz gyűrűjére megadott a és b a gyűrű látszólagos nagy- és kistengelyét jelenti.

hosszúsága és adatok a SZATURNUSZ gyűrűjére vonatkozólag

0 ^h világidőkor		MARS	JUPITER		SZATURNUSZ	
					a	b
		°	I. °	II. °	"	"
Július	2	139	I. 85	II. 21	37,74	16,79
	6	100	357	262	37,85	16,86
	10	61	269	144	37,99	16,92
	14	22	181	25	38,13	17,00
	18	343	93	267	38,29	17,08
	22	304	5	148	38,46	17,16
	26	265	277	29	38,64	17,24
	30	226	188	271	38,84	17,34
Augusztus	3	187	100	152	39,05	17,43
	7	148	12	33	39,27	17,53
	11	109	283	274	39,50	17,63
	15	70	195	155	39,75	17,74
	19	31	106	36	40,00	17,85
	23	351	18	277	40,27	17,97
	27	312	289	158	40,54	18,09
	31	273	200	38	40,82	18,21
Szeptember	4	234	111	279	41,11	18,33
	8	195	23	160	41,41	18,46
	12	155	294	40	41,72	18,59
	16	116	205	281	42,02	18,72
	20	77	116	161	42,34	18,86
	24	38	27	42	42,65	18,99
	28	358	298	282	42,97	19,13
	2	319	208	162	43,28	19,26
Október	6	280	119	43	43,59	19,40
	10	241	30	283	43,90	19,53
	14	201	301	163	44,20	19,66
	18	162	212	44	44,49	19,79
	22	123	122	284	44,78	19,91
	26	84	33	164	45,05	20,03
	30	44	304	44	45,30	20,14
	3	5	214	284	45,54	20,25
November	7	326	125	164	45,76	20,34
	11	287	35	44	45,96	20,43
	15	248	306	284	46,14	20,51
	19	209	217	165	46,29	20,58
	23	170	127	45	46,42	20,63
	27	131	38	285	46,52	20,68
	1	92	308	165	46,59	20,71
	5	53	219	45	46,63	20,73
December	9	14	130	285	46,65	20,73
	13	335	40	165	46,63	20,73
	17	296	311	45	46,59	20,71
	21	257	221	285	46,51	20,67
	25	218	132	165	46,41	20,63
	29	179	43	45	46,28	20,57

A Jupiter esetében az I. és II. adatok, rendre, nagyjából a bolygó egyenlítő környéki sávjára, ill. a bolygófelület egyéb helyeire vonatkoznak.

VIIa. A Jupiter-holdak helyzetei (KözEl-ben)

Nap	Március		Április	
	A holdak a bolygó		A holdak a bolygó	
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
	4 ^h		2 ^h	
1	3. 2.	.1 .4	1.	2. .3 .4
2	.3 .1	.2 4.	2.	.1 .3 .4
3		.31.2. 4.	.1	3. .4
4	2. .1	4..3		3.1. .2 4.
5	.2 1.	4. 3.	3. 2..1	4.
6	4.	.13. .2	.3 .2	4.
7	4. 3. 1.	2.	.3	.1.24.
8	4. 3. 2.	.1	1.	4..3 2.
9	4. .3 1.		4.2.	.1 .3
10	.4	1. .2	4. .1	3.
11	.4 2..1	.3	4.	3.1. .2
12	.4 .2	1. 3.	4. 3. .1	
13	.4	.23.	.4 .3 .2	1.
14	3. 1.	.4 2.	.4 .3	.2
15	3. 2.	.1 .4	.4 1.	2.
16	.3 1. .2	.4	2. .4	.1 .3
17	.3	1. 2. .4	1. .2	.4 3.
18	.1	.3 4.		1.3. .2 .4
19	.2	1. .3 4.	3. .1	.4
20	.1	.23. 4.	3. .2	1. .4
21	3.	2. 4.	.3	.2 4.
22	3. 2.	4..1	1..3	2. 4.
23	.3 4. .21.		2.	.1 .34.
24	4. .3	.1 .2	1..2	4. 3.
25	4. .1	2. .3	4.	.13..2
26	4. 2.	1. .3	4. 1.3.	2.
27	.4 .1	.2 3.	4. 3. 2.	1.
28	.4	1. 2.	4. .3 .1	.2
29	.43. 2.		4. .3	2.
30	.3 .2.4 1.		.4 2.	.1 .3
31	.3	.4.1 .2		

VIIb. A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Dátum	h	m		Hold	Jelenség	Dátum	h	m		Hold	Jelenség
III. 2	4	46	v	2	m	IV. 4	3	47	v	3	a
5	3	47	k	1	a	5	3	08	k	1	f
	4	57	k	1	e	6	2	29	v	1	a
6	4	32	v	1	m		3	45	v	1	e
10	3	38	k	3	m	12	2	10	v	2	e
13	2	59	k	1	f	13	2	10	k	1	a
14	3	35	v	1	e		3	24	k	1	e
16	4	50	k	2	f	14	2	57	v	1	m
18	2	42	v	2	a	15	2	27	v	3	m
21	3	17	k	1	e	19	1	58	k	2	e
	4	14	v	1	a		2	16	v	2	a
22	2	51	v	1	m	21	1	23	k	1	f
25	2	35	k	2	a	22	0	45	v	1	a
28	3	55	k	1	a		1	21	v	3	f
	4	42	v	3	e		1	56	v	1	e
29	4	45	v	1	m		3	13	k	3	m
<p><i>k</i> vagy <i>v</i> betű azt mutatja, hogy a szomszédos oszlop időadata a jelenség kezdete, ill. végére vonatkozik-e. A többi betű: <i>f</i> = fogyatkozás van (a Jupiter-hold fogyatkozásban van, tehát a Jupiter árnyékkúpjába került), <i>m</i> = a hold a Jupiter korongja mögött (Földünkről nem látszik), <i>e</i> = a hold a Jupiter korongja előtt (a hold látszólagosan a bolygó korongján van), <i>a</i> = a hold „fekete” árnyéka vetődik a Jupiter korongjára (a Jupiteren teljes napfogyatkozás van).</p>						26	2	09	k	2	a
						28	1	24	v	2	m
							3	16	k	1	f
						29	0	25	k	1	a
							1	32	k	1	e
							2	25	k	3	f
							2	38	v	1	a
							3	45	v	1	e
						30	1	04	v	1	m

VIIa. A Jupiter-holdak helyzetei (KözEI-ben)

Nap	Május			Június		
	A holdak a bolygó			A holdak a bolygó		
	nyugati oldalán	keleti oldalán		nyugati oldalán	keleti oldalán	
	0h			22h		
1	.4	.21.	.3	.4	3.	.21.
2	.4		.1.2 3.	.4	.3	.1.2
3	1.3..4		2.	.4	1..3	2.
4	3.	2.	1. .4	2. .4		.1 .3
5	.3	.1	.4	.2.1		.4 3.
6	.3		1. 2. .4			1.3..2 .4
7	2.		.3 .4	3.2..1		.4
8	.2	1.	.3 4.	3.	.2 1.	.4
9			.1.2 3. 4.	.3	.1.2 4.	
10	1.		3. 2. 4.	1..3		2. 4.
11	3.2.		1.4.	2.		1..3 4.
12	.3	.14..2		.1.2		4. .3
13	4.	.3	1. .2	4.		1. .2 3.
14	4.	.1	.3	4. .13.		2.
15	4.	.2	.3	4. 3. .2		1.
16	.4		.1.2 3.	4. .3		.1.2
17	.4	1.	3. 2.	4.	.31.	2.
18	.4 3. 2.		.1	.4	2.	.1.3
19	3.	.41..2		.4	.1.2	.3
20	.3		.41. 2.	.4	1. .2 3.	
21	.1		.3 .4	.1.4		2.3.
22	.2		1. .3.4	3..2		1. .4
23			.2 3. .4	.3	.1.2 .4	
24	1.		3. 2. 4.	.31.		2. .4
25	3.2.		.1 4.	2.		.3.1 .4
26	.3	.21.	4.	.2.1		.3 4.
27	.3		.124.			1..2 3. 4.
28	.1		4.2..3	.1		3.2. 4.
29	2.4.		1. .3	3.2.		1.4.
30	4.		.1.2 3.	.3	4.	
31	4.	1.	3.2.			

VIIb. A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Dátum	h m		Hold	Jelenség	Dátum	h m		Hold	Jelenség
V. 6	2 19	k	1	a	VI. 3	22 15	k	3	f
	3 20	k	1	e	5	22 37	k	2	f
	23 38	k	1	f	6	1 40	k	1	f
7	2 51	v	1	m		2 21	v	2	m
8	0 01	v	1	e		22 51	k	1	a
9	23 20	v	3	a		23 17	k	1	e
10	0 21	k	3	e	7	1 06	v	1	a
	3 18	v	3	e		1 32	v	1	e
12	1 31	k	2	f		22 46	v	1	m
13	23 14	v	2	a	11	2 13	k	3	f
14	1 02	v	2	e	13	1 14	k	2	f
	1 31	k	1	f	14	0 45	k	1	a
	23 34	k	1	e		1 01	k	1	e
15	0 55	v	1	a		22 02	k	1	f
	1 48	v	1	e		22 46	v	2	a
	23 05	v	1	m		23 15	v	2	e
17	0 24	k	3	a	15	0 30	v	1	m
	3 19	v	3	a		21 29	v	1	a
20	23 07	k	2	a		21 42	v	1	e
21	0 40	k	2	e	21	22 39	k	2	a
	1 48	v	2	a		22 47	k	2	e
22	0 35	k	1	a		23 18	v	3	a
	1 20	k	1	e		23 35	v	3	e
	2 49	v	1	a		23 56	k	1	f
23	0 51	v	1	m	22	1 21	v	2	a
27	23 55	v	3	m		1 29	v	2	e
28	1 40	k	2	a		2 13	v	1	m
	2 57	k	2	e		21 08	k	1	a
29	2 28	k	1	a		21 11	k	1	e
	23 46	k	1	f		23 23	v	1	a
30	0 03	v	2	m		23 26	v	1	e
	2 36	v	1	m	28	23 52	k	3	e
	23 11	v	1	a	29	0 16	k	3	a
	23 47	v	1	e		1 01	k	2	e
						1 13	k	2	a
						1 44	k	1	m
						22 55	k	1	e
						23 03	k	1	a
					30	1 10	v	1	e
						1 18	v	1	a

VIIa. A Jupiter-holdak helyzetei (KözEI-ben)

Nap	Július		Augusztus	
	A holdak a bolygó		A holdak a bolygó	
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
	21 ^h		21 ^h	
1	4. 3 1.	2.	1. 4. 3.	
2	4. 2.	3.1	1. 4.	3.2.
3	4. 2 1.	3	4. 2.3.	1
4	4	1.2 3.	4. 3. 2.1	
5	4 1.	3.2.	4. 3	1..2
6	4 2.3.	1.	4 3.1	2.
7	3. 4.1.2		4 2.	3
8	3	2.	4	3
9	2.	1. 4	4 1.	2. 3.
10	2 1.	3 4	2. 4	1
11		2.1 3. 4	3..2 1.	4
12	1.	3.2. 4.	3	21. 4
13	2.3.	1. 4.	3.1	2. 4
14	3. 1.2	4.	2.	31. 4
15	3	2 4.	2	3 4.
16		4..1	1.	2. 3. 4.
17	24. 1.	3		3..14.
18	4.	2.1 3	3..2 1.	4.
19	4. 1	2.3.	3 4.	2.1
20	4. 2.3.	1.	4. 3.1	2.
21	4 3. 2.1		4. 2.	3 1.
22	4 3	1. 2	4. 2 1	3
23	4 3		4 1.	2 3.
24	2 1..4	3	4	13.
25		2.1.4 3.	4 23.1.	
26	1.	2.3. 4	3. 4	2.1
27	2. 3.	1 4	3 1	4 2.
28	3. 2.1	4	2.	3 1. 4
29	3	1..2 4.	2.1	3 4
30	3.1	2. 4.		2 3. 4
31	2.	3 4.		2. 3. 4.

VIIb. A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Dátum	h m		Hold	Jelenség	Dátum	h m		Hold	Jelenség	
VII. 7	0 40	k	1	e	VIII. 1	22 24	v	2	f	
	0 58	k	1	a		2	22 13	k	4	a
	2 55	v	1	e			23 27	v	4	a
	21 45	k	2	m		3	23 19	v	3	a
	21 54	k	1	m		7	20 39	k	1	e
8	0 26	v	1	f		21 35	k	1	a	
	1 13	v	2	f		22 53	v	1	e	
	20 49	k	4	f		23 50	v	1	a	
	21 21	v	1	e	8	20 14	k	2	m	
	21 41	v	1	a		21 01	v	1	f	
	21 52	v	4	f	10	20 13	k	3	e	
9	21 13	v	3	f		23 14	v	3	e	
	14	23 38	k	1	m	14	22 28	k	1	e
15	0 02	k	2	m			23 31	k	1	a
	20 51	k	1	e	15	22 39	k	2	m	
	21 21	k	1	a		22 56	v	1	f	
	23 06	v	1	e	17	19 48	v	2	e	
	23 36	v	1	a		21 57	v	2	a	
16	20 49	v	1	f	21	21 14	v	3	f	
	21 18	v	2	e	22	21 28	k	1	m	
	22 20	v	2	a	23	19 55	k	1	a	
22	22 37	k	1	e			21 00	v	1	e
	23 16	k	1	a			22 09	v	1	a
23	0 52	v	1	e	24	19 32	k	2	e	
	20 53	k	2	e		21 49	k	2	a	
	22 13	k	2	a		22 13	v	2	e	
	22 43	v	1	f	26	19 36	v	2	f	
	23 24	k	3	m		28	20 18	v	3	m
	23 35	v	2	e		22 05	k	3	f	
24	0 55	v	2	a	30	20 37	k	1	e	
	30	0 24	k	1		e		21 50	k	1
21 36		k	1	m	31	21 15	v	1	f	
23 12		k	2	e			22 00	k	2	e
31	0 38	v	1	f						
	21 05	v	1	e						
	21 55	v	1	a						

VIIa. A Jupiter-holdak helyzetei (KözEI-ben)

Nap	Szeptember		Október	
	A holdak a bolygó		A holdak a bolygó	
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
	20 ^h		19 ^h	
1	.23. 1.	4.	.3	.2 .4
2	3.	.1 4.	.3	2..1 .4
3	.3 .1	2. 4.	2. 1.	.4
4	2. .3	4. 1.		.1 .3 4.
5	4..2.1	.3	1.	2. 3. 4.
6	4.	1. .2 3.	2.	1.3. 4.
7	4.	2. 3.	.23. .1	4.
8	4. 2. 3.1.		3. 4.	1. .2
9	.4 3.	.1	.34.	2.
10	.4 .3 1.	.2	4. 2. 1.	
11	.42. .3	.1	4. .2	.1 .3
12	.2.4.1	.3	4. 1.	.2 3.
13		.4.21. .3	.4 2.	1. 3.
14	.1	2.3. .4	.4 .2.13.	
15	2. 3.	.4	3. .4	.21.
16	3. .2	.1 .4	.3 .4	2.
17	.3 1.	.2 4.	2. 1..3	.4
18	.32.	.1 4.	.2	.1 .3 .4
19	.2 .1	.3 4.	1.	.2 3. .4
20		.21.4. .3	2.	.1 3. .4
21	.1 4.	2. 3.	.2.13.	4.
22	4. 2.	1.	3.	.2 1. 4.
23	4. 3. .2		.3 .1	2. 4.
24	4. .3 1.	.2	2..3	4.
25	4. .3	.1	.2 4.	.1 .3
26	.4 2. 1.	.3	4. 1.	.2 .3
27	.4	.2 1. .3	4.	.1 3.
28	.4 .1	2. 3.	4. .2.13.	
29	2. .4	3.1.	4. 3.	1.
30	3..2 .1	.4	.4 .3 .1	2.
31			.4 .32.	1.

VIIb. A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Dátum	h m		Hold	Jelenség	Dátum	h m		Hold	Jelenség
IX. 2	22 14	v	2	f	X. 1	18 30	k	1	a
4	21 01	k	3	m		19 27	v	1	e
8	19 13	v	1	e	8	19 10	k	1	e
	19 23	v	3	a	9	19 48	v	1	f
	20 29	v	1	a	11	19 19	k	2	m
9	19 26	k	2	m	13	18 46	v	2	a
11	19 02	v	2	a	16	18 16	k	1	m
13	20 31	k	4	f	17	17 52	v	1	e
14	21 33	k	1	m		19 04	v	1	a
15	20 10	k	1	a	20	18 36	k	2	a
	20 14	k	3	a		19 00	v	2	e
	21 07	v	1	e	21	19 28	v	3	a
16	19 34	v	1	f	24	18 45	k	1	a
18	19 02	v	2	e	25	18 08	v	1	f
	21 38	v	2	a		18 49	v	4	a
22	19 00	k	3	e	27	18 59	k	2	e
	20 48	k	1	e	28	18 57	v	3	e
	22 04	v	3	e					
	22 06	k	1	a					
24	18 49	v	1	a					
25	18 55	k	2	e					
27	19 24	v	2	f					
30	19 52	k	1	m					

k vagy *v* betű azt mutatja, hogy a szomszédos oszlop időadata a jelenség kezdetére, ill. végére vonatkozik-e. A többi betű: *f* = fogyatkozás van (a Jupiter-hold fogyatkozásban van, tehát a Jupiter árnyék-kúpjába került), *m* = a hold a Jupiter korongja mögött (Földünkről nem látszik), *e* = a hold a Jupiter korongja előtt (a hold látszólagosan a bolygó korongján van), *a* = a hold „fekete” árnyéka vetődik a Jupiter korongjára (a Jupiteren teljes napfogyatkozás van).

VIII. Bolygók héliocentrikus ekliptikai

DÁTUM	MERKUR		VÉNUSZ		FÖLD	
	l	b	l	b	l	b
	°	'	°	'	°	0,001°- ban
I. 4	192,6	+4,1	359,7	-3,3	102,4	-3
14	225,0	+0,4	15,7	-3,0	112,6	-3
24	253,2	-3,0	31,6	-2,4	122,8	-2
II. 3	281,1	-5,6	47,6	-1,6	132,9	-2
13	312,3	-7,0	63,7	-0,7	143,1	-2
23	351,5	-5,9	79,8	+0,2	153,2	-1
III. 4	44,0	-0,5	96,0	+1,2	163,2	-1
14	106,1	+6,0	112,2	+2,0	173,2	0
24	160,1	+6,5	128,4	+2,7	183,1	0
IV. 3	199,8	+3,3	114,6	+3,2	193,0	+1
13	230,9	-0,4	160,9	+3,4	202,9	+1
23	258,8	-3,6	177,1	+3,3	212,6	+2
V. 3	287,0	-6,0	193,3	+3,0	222,3	+2
13	319,4	-7,0	209,4	+2,5	232,0	+2
23	1,0	-5,1	225,4	+1,7	241,7	+3
VI. 2	56,3	+1,0	241,4	+0,9	251,2	+3
12	118,3	+6,6	257,3	-0,1	260,8	+3
22	169,1	+6,0	273,1	-1,0	270,4	+3
VII. 2	206,6	+2,6	288,9	-1,8	279,9	+3
12	236,7	-1,1	304,7	-2,5	289,4	+3
22	264,4	-4,2	320,6	-3,1	299,0	+2
VIII. 1	293,1	-6,4	336,4	-3,3	308,5	+2
11	326,9	-6,9	352,3	-3,4	318,1	+2
21	11,0	-4,2	8,2	-3,1	327,7	+1
31	69,0	+2,5	24,1	-2,7	337,4	+1
IX. 10	129,9	+6,9	40,1	-2,0	347,1	0
20	177,6	+5,4	56,1	-1,2	356,8	0
30	213,1	+1,8	72,2	-0,2	6,6	0
X. 10	242,4	-1,8	88,3	+0,7	16,5	-1
20	270,0	-4,7	104,5	+1,6	26,4	-1
30	299,4	-6,7	120,7	+2,4	36,3	-2
XI. 9	334,9	-6,7	137,0	+3,0	46,4	-2
19	21,7	-3,1	153,3	+3,3	56,4	-3
29	81,8	+3,9	169,5	+3,4	66,6	-3
XII. 9	140,8	+7,0	185,7	+3,2	76,7	-3
19	185,6	+4,7	201,8	+2,8	86,9	-3
29	219,4	+1,1	217,9	+2,1	97,1	-3

koordinátái O^h világidőkor

DÁTUM	MARS		JUPITER		SZATURNUSZ	
	l	b	l	b	l	b
	°	°	°	°	°	°
I. 4	46,7	-0,1	259,1	+0,5	64,2	-1,9
14	52,3	+0,1	259,9	+0,4	64,5	-1,9
24	57,7	+0,3	260,7	+0,4	64,9	-1,9
II. 3	63,1	+0,4	261,5	+0,4	65,3	-1,8
13	68,4	+0,6	262,3	+0,4	65,6	-1,8
23	73,6	+0,8	263,1	+0,4	66,0	-1,8
III. 4	78,8	+0,9	263,9	+0,4	66,4	-1,8
14	83,8	+1,1	264,8	+0,3	66,7	-1,8
24	88,8	+1,2	265,6	+0,3	67,1	-1,8
IV. 3	93,6	+1,3	266,4	+0,3	67,5	-1,8
13	98,5	+1,4	267,2	+0,3	67,9	-1,8
23	103,2	+1,5	268,0	+0,3	68,2	-1,8
V. 3	107,9	+1,6	268,8	+0,3	68,6	-1,7
13	112,5	+1,7	269,6	+0,2	69,0	-1,7
23	117,1	+1,7	270,4	+0,2	69,3	-1,7
VI. 2	121,7	+1,8	271,2	+0,2	69,7	-1,7
12	126,2	+1,8	272,1	+0,2	70,1	-1,7
22	130,6	+1,8	272,9	+0,2	70,4	-1,7
VII. 2	135,1	+1,8	273,7	+0,1	70,8	-1,7
12	139,5	+1,8	274,5	+0,1	71,2	-1,7
22	143,9	+1,8	275,3	+0,1	71,6	-1,7
VIII. 1	148,2	+1,8	276,2	+0,1	71,9	-1,6
11	152,6	+1,8	277,0	+0,1	72,3	-1,6
21	157,0	+1,8	277,8	0,0	72,7	-1,6
31	161,3	+1,7	278,6	0,0	73,0	-1,6
IX. 10	165,7	+1,7	279,5	0,0	73,4	-1,6
20	170,1	+1,6	280,3	0,0	73,8	-1,6
30	174,5	+1,5	281,1	0,0	74,2	-1,6
X. 10	178,9	+1,4	282,0	0,0	74,5	-1,6
20	183,4	+1,3	282,8	-0,1	74,9	-1,5
30	187,9	+1,2	283,6	-0,1	75,3	-1,5
XI. 9	192,4	+1,1	284,5	-0,1	75,7	-1,5
19	197,0	+1,0	285,3	-0,1	76,0	-1,5
29	201,6	+0,9	286,1	-0,1	76,4	-1,5
XII. 9	206,3	+0,7	287,0	-0,2	76,8	-1,5
19	211,0	+0,6	287,8	-0,2	77,1	-1,5
29	215,8	+0,4	288,6	-0,2	77,5	-1,5

IX. A legfényesebb

Csillagok (J. Bayer-féle) elnevezése	MAGN. (viz.)	RA		D	Spektrál- típus	Paral- laxis	A leg- feltűnőbb csillagok neve
		1972,0					
		h m	° '			"	
α Andromedae	2,1	0 06,9	+ 28 56	AOp	0,024		
β Cassiopeiae	2,4	0 07,7	+ 59 00	F5	0,072		
α Phoenicis	2,4	0 24,9	- 42 27	KO	0,035		
α Cassiopeiae	2,3	0 38,9	+ 56 23	KO	—		
β Ceti	2,2	0 42,2	- 18 08	KO	0,053		
γ Cassiopeiae	var.	0 55,0	+ 60 34	BOp	—		
β Andromedae	2,4	1 08,2	+ 35 28	MO	0,043		
α Eridani	0,6	1 36,7	- 57 23	B5	0,023		
γ^1 Andromedae	2,3	2 02,2	+ 42 12	KO	—		
α Ursae Minoris	2,1	2 04,9	+ 89 08	F8			Polaris
α Arietis	2,2	2 05,6	+ 23 20	K2	0,043		
β Persei	var.	3 06,3	+ 40 51	B8	0,037		Algol
α Persei	1,9	3 22,3	+ 49 46	F5	—		
α Tauri	1,1	4 34,3	+ 16 27	K5	0,048		Aldebaran
β Orionis	0,3	5 13,2	- 8 14	B8p	—		Rigel
α Aurigae	0,2	5 14,6	+ 45 58	GO	0,073		Capella
γ Orionis	1,7	5 23,6	+ 6 20	B2	0,026		
β Tauri	1,8	5 24,5	+ 28 35	B8	0,019		
δ Orionis	2,5	5 30,6	- 1 19	BO	—		
ζ Orionis	2,0	5 39,3	- 1 57	BO	0,022		
κ Orionis	2,2	5 46,4	- 9 41	BO	—		
α Orionis	var.	5 53,7	+ 7 24	MO	—		Betelgeuse
β Aurigae	2,1	5 57,5	+ 44 57	AOp	0,037		
β Canis Majoris	2,0	6 21,5	- 17 56	B1	0,014		
α Carinae	- 0,9	6 23,3	- 52 41	FO	0,017		Canopus
γ Geminorum	1,9	6 36,1	+ 16 25	AO	0,036		
α Canis Majoris	- 1,6	6 43,9	- 16 41	AO	0,374		Sirius
ϵ Canis Majoris	1,6	6 57,5	- 28 56	B1	—		
δ Canis Majoris	2,0	7 07,3	- 26 21	F8p	—		
α Geminorum	1,6	7 32,8	+ 31 57	AO	0,066		Castor
α Canis Minoris	0,5	7 37,8	+ 5 18	F5	0,283		Procyon
β Geminorum	1,2	7 43,6	+ 28 06	KO	0,093		Pollux
ζ Puppis	2,3	8 02,6	- 39 55	Od	—		
γ^2 Velorum	1,9	8 08,7	- 47 15	Oap	—		
ϵ Carinae	1,7	8 21,9	- 59 25	KO, B	—		
δ Velorum	2,0	8 43,9	- 54 36	AO	0,043		
λ Velorum	2,2	9 07,0	- 43 19	A5	0,015		
β Carinae	1,8	9 12,9	- 69 36	AO	0,038		
ι Carinae	2,2	9 16,3	- 59 09	FO	0,011		
α Hydrae	2,2	9 26,2	- 8 32	K2	0,017		

csillagok

Csillagok (J. Bayer-féle) elnevezése	MAGN. (viz.)	RA		D	Spektrál- típus	Paral- laxis	A leg- feltűnőbb csillagok neve
		1972,0					
		h m	° '			"	
α Leonis	1,3	10 06,9	+ 12 06		B8	0,039	Regulus
β Ursae Majoris	2,4	11 00,2	+ 56 32		AO	0,042	
α Ursae Majoris	1,9	11 02,0	+ 61 54		KO	0,031	
β Leonis	2,2	11 47,6	+ 14 44		A2	0,076	
γ Ursae Majoris	2,5	11 52,4	+ 53 51		AO	0,020	
α^1 Crucis	1,6	12 25,0	- 62 57		B1	—	
γ Crucis	1,6	12 29,6	- 56 57		M3	—	
γ Centauri	2,4	12 40,0	- 48 48		AO	0,010	
β Crucis	1,5	12 46,1	- 59 32		B1	—	
ε Ursae Majoris	1,7	12 52,8	+ 56 07		AOp	—	
ζ Ursae Majoris	2,4	13 22,8	+ 55 04		A2p	0,037	Mizar
α Virginis	1,2	13 23,7	- 11 01		B2	0,019	
η Ursae Majoris	1,9	13 46,4	+ 49 27		B3	0,029	
β Centauri	0,9	14 01,8	- 60 14		B1	—	
θ Centauri	2,3	14 05,0	- 36 14		KO	0,059	
α Bootis	0,2	14 14,4	+ 19 20		KO	0,090	Arcturus
α Centauri	0,1	14 37,7	- 60 43		GO	0,754	
β Ursae Minoris	2,2	14 50,8	+ 74 16		K5	0,031	
α Coronae Bor.	2,3	15 33,5	+ 26 48		AO	0,043	
δ Scorpis	2,5	15 58,7	- 22 33		BO	0,046	
α Scorpis	1,2	16 27,7	- 26 22		MO, A3	0,019	Antares
α Trianguli Austr.	1,9	16 45,7	- 68 59		K2	0,024	
ε Scorpis	2,4	16 48,3	- 34 15		KO	0,049	
λ Scorpis	1,7	17 31,7	- 37 05		B2	—	
α Ophiuchi	2,1	17 33,6	+ 12 35		A5	0,056	
θ Scorpis	2,0	17 35,3	- 42 59		FO	0,020	
κ Scorpis	2,5	17 40,5	- 39 01		B2	—	
γ Draconis	2,4	17 56,0	+ 51 29		K5	0,020	
ε Sagittarii	1,9	18 22,3	- 34 24		AO	0,015	
α Lyrae	0,1	18 36,0	+ 38 45		AO	0,123	
σ Sagittarii	2,1	18 53,5	- 26 20		B3	—	Vega
α Aquilae	0,9	19 49,4	+ 8 48		A5	0,194	
γ Cygni	2,3	20 21,2	+ 40 10		F8p	—	
α Pavonis	2,1	20 23,4	- 56 50		B3	—	
α Cygni	1,3	20 40,5	+ 45 11		A2p	—	
ε Pegasi	2,5	21 42,8	+ 9 45		KO	—	Deneb
α Gruis	2,2	22 06,5	- 47 06		B5	0,051	
β Gruis	2,2	22 41,0	- 47 02		M3	—	
α Piscis Aust.	1,3	22 56,1	- 29 46		A3	0,144	

X. NAGY NAPKITÖRÉSEK

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	LCM		
	h m	m		°	°		
1955. VI. 18	12 20	53	10	-23	+25	3	4
	18 19 05	35	10	-22	+21	2	2
VII. 4	09 32	50	1	-35	-09	2	4
	9 14 08	73	1	-32	+57	2	3
VIII. 2	13 43	19		+22	+14	2	2
IX. 19	09 28	23		+19	+61	2	3
X. 25	11 58	62	8	-23	-48	2	4
	25 18 50	93	8	-22	-42	2	3
	28 19 57	77		-25	-26	2	3
XI. 12	11 16	43+		+27	-27	2	2
XII. 3	11 12 E	93+		+22	-10	2	2
1956. II. 14	05 39	84	17	+21	-32	3	3
	16 18 05	117	17	+22	-08	2	2
	17 05 03	43	18	-21	-25	2	2
	17 11 02	71	17	+20	+04	2	8
	19 18 20	25	18	-22	+06	2	3
	20 11 34	26	17	+20	+39	2	3
	23 03 53	49	17	+23	+80	2	3
	27 11 20 E	16+		+24	-77	2	2
	29 22 20	49+		-30	+21	3	2
III. 15	16 25 E	80+		+22	-21	2	5
	28 09 37	53		+25	-10	2	6
IV. 9	09 40	58		+22	-27	2	5
	13 04 49	22	18	+22	-53	2	3
	16 07 09 E	19+	12	-21	+07	2	2
	18 13 24	107	18	+19	+15	2	6
	20 09 43	27	12	-22	+61	2	3
V. 8	13 05	47		-27	-83	2	8
	10 09 34	81		-30	-47	2	3
	11 18 10	42	38	-15	+07	2	2
	14 04 25 E	59+		-20	+20	2	3
	16 12 41	80	38	-16	+65	2	5
	17 08 32	37	52	-22	-67	2	10
	21 06 47	52	52	-25	-17	2	4
	26 14 55	25		-15	-78	2	4

(H_α-FLEREK)

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	L- α M		
	h m	m		°	°		
1956. V. 30	09 33 E	59+	59	+24	-53	2	5
31	07 53	38	59	+24	-38	2	5
VI. 4	09 35	36		+22	-79	2	7
21	07 07 E	43+		+30	+60	2	3
22	15 38	72		-20	+16	2	4
30	10 33	53		-24	-70	2	5
VII. 4	09 25 E	31+		-22	-82	2	4
22	16 24 E	56+		+29	+54	2	3
23	14 01	59		-24	-45	2	5
VIII. 7	06 37	80		+22	+22	2	4
8	11 34	75	42	+19	-48	2	8
9	05 43	36	42	+21	-43	2	6
11	09 46	87	42	+22	-16	2	2
11	10 31	48		+15	+62	2	2
13	11 27	55	42	+23	+12	2	4
16	06 07	82		-16	+13	2	2
21	19 45 E	135+		-20	+17	2	2
28	15 22	48	64	+20	-60	2	6
28	22 31	94+	64	+17	-51	2	2
29	09 39	64	60	+30	+63	2	8
30	07 50 E	95+	60	+27	+74	2	3
30	08 04	44		-19	-37	2	3
30	09 56	39	64	+17	-32	2	6
31	12 28	177	64	+15	-15	3	11
IX. 10	08 13 E	112+		-18	-11	2	7
11	13 44	95		-22	-06	2	7
12	22 39	67	81	-23	-47	2	2
14	08 13	54	81	-22	-29	2	3
14	09 27 E	25+	81	-19	-30	2	3
16	13 52	72		+28	-03	2-	8
17	19 42	71		-21	+15	2	2
28	07 55 E	27+		-31	-12	2	3

X. NAGY NAPKITÖRÉSEK

Dátum		Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
					B	LCM		
		h m	m		°	°		
1956.	X.	2	11 51 E	54 +	6	+17 -54	2	2
		4	08 24	58	6	+19 -32	2	5
		5	05 05 E	100	6	+21 -20	2	2
		11	10 16	52	6	+22 +28	2	5
		11	14 09	63	6	+22 +59	2	10
		13	11 19 E	24 +	6	+20 +88	2	4
		20	10 18	33	20	+17 -51	2	3
		22	07 10	72	20	+17 -25	2	8
		22	13 50	24		-45 -17	2	3
		23	07 47	22		+15 -72	2	5
		29	14 07	37	29	+20 -60	2	4
	XI.	1	11 04	14		-19 +38	2	3
		1	12 15 E	24 +		-15 -86	2	4
		6	11 40 E	50 +	29	+20 +46	2	3
		7	08 23 E	69 +	42	+16 -75	2	6
		7	11 09	128	38	-18 -32	3	6
		9	07 40	36		+22 +57	2	3
		12	05 14 E	43 +	38	-16 +43	2	2
		13	14 30 E	85 +	42	+16 +10	2	2
		14	05 01 E	39 +		-24 +38	2	2
		14	10 37	203	38	-20 +55	3	3
		15	07 00 E	105 +	45	-12 -11	2	4
		15	08 25	15		-25 -10	2	2
		19	09 25	39	45	-14 +44	2	4
		20	10 03	171	45	-16 +56	2 +	6
		22	13 40	28	45	-15 +83	2	3
		22	19 59	71		-18 +18	2	2
	XII.	6	09 07	37	65	-17 -40	2	2
		10	09 35	55	65	-16 +13	2	5
		17	04 53	60	71	+15 -54	2	2
		18	08 32	98		-25 +69	2	10
		19	07 25 E	72	71	+15 -25	3	4
		19	08 38	44	74	-15 -84	2	4
		19	14 52	48 +	71	+15 -21	2 +	3
		26	12 52	54	74	-19 +08	2	3
		26	14 01 E	67 +	74	-17 +11	2	3

(H_α-FLEREK)

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	LCM		
	h m	m		°	°		
1957.	I. 6	10 38 E	171 +	11	-21 -40	3	6
	7	13 11 E	61 +	4	+17 +13	2	5
	8	10 06	39	11	-20 -13	2	2
	8	13 34	64	4	+17 +75	2	6
	10	11 07	41		-18 +16	2	5
	17	21 48	37	15	-29 +14	2	2
	20	11 17	172	15	-29 +19	2	8
	23	10 44 E	61 +	19	+16 +16	2	4
	24	02 48	46	19	+15 +26	2	3
	24	12 25	82	19	+16 +31	3	4
	24	16 38 E	15 +	15	-28 +80	2	2
	II. 1	15 25	118		+21 +32	2	3
	6	16 00	150		-20 -16	2	2
	III. 13	14 21	95	72	-19 -40	2	9
	20	16 00 E	93 +	72	-21 +53	2	2
	29	10 25 E	93 +		-15 +38	2	6
	IV. 2	03 09	67	5	-16 +46	2	4
	3	08 25	55	5	-14 +60	3	2
	6	08 35	50	18	-20 -24	2	4
	8	06 16 E	114 +	18	-19 +03	2	6
	11	17 22	43	20	-23 -04	2	2
	12	13 24 E	115 +	20	-25 +07	2	3
	12	18 52	74		-25 +73	2	3
	16	10 58	80	34	+28 -84	2	10
	17	03 38	22	33	-16 -80	2	2
	18	13 10 E	30 +	33	-16 -64	2	4
	19	04 44	70	34	+28 -48	2	4
	19	17 02	15	34	+32 -57	2	3
	20	10 18	69	34	+28 -34	2	4
	22	05 48	98		-17 +08	2	3
	22	14 22	41	34	+26 -02	2 -	5
	24	03 39 E	28 +		-11 +19	2	3
	25	13 19	49	34	+29 +33	2	4
	26	06 32	59	34	+27 +46	2	5

X. NAGY NAPKITÖRÉSEK

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	L _{CM}		
	h m	m		°	°		
1957. IV. 28	15 43	27		-16	+55	2	3
V. 7	10 16	158		-28	-39	2	4
12	07 36	34		+12	+12	2	4
14	13 12	82		-18	+76	2	5
25	15 44	68		+11	+63	2	3
VI. 1	12 52 E	41 +		-26	+36	2	2
2	15 14	40	81	-12	+04	2 -	8
3	10 42	58	81	-18	+13	2	7
3	13 37 E	19 +		-23	-68	2	4
4	00 29	75	81	-17	+22	2	2
4	03 29 E	60 +	81	-16	+22	2	4
4	08 59	40	81	-17	+27	2	4
5	13 27	27	81	-17	+44	2 -	8
13	08 08	28		-21	-39	2	7
14	13 20 E	32 +	100	-36	-83	2	3
15	07 35	52		-18	-60	2	9
17	14 06	55		-16	-06	2	5
19	06 11	74	100	-38	-22	2	8
19	16 09	34	103	+20	-45	2 +	4
21	17 42	52		+14	-02	2	3
24	07 24	48	103	+26	+28	2	5
24	08 43	21	103	+22	+15	2	5
27	12 02	49	103	+22	+55	2	6
28	07 03	110	107(2)	+10	-28	2	9
28	12 23	48	107(2)	+12	-21	2	6
30	08 22	41		-30	-58	2	10
30	09 26	162	107(2)	+10	+02	2 +	13
VII. 1	19 58 E	54 +	2	+11	+24	2	4
2	07 08	37	2	+08	+28	2 +	2
2	08 10 E	43 +	2	+10	+31	2	4
2	10 17	25		-13	+15	2	3
3	07 22	209	2	+12	+41	3	17
8	05 25	49		+14	+41	2	11

(H_α-FLEREK)

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	L _{OM}		
	h m	m		°	°		
1957. VII. 10	14 17	28		-28	+77	2	7
14	07 42	21		-31	-59	2	4
18	22 34	116		-22	-27	2	3
21	06 33	60	30	+30	-15	2	10
21	12 03	49	30	+31	-26	2	6
21	13 21	69	30	+29	-11	2	7
22	12 50	98	31	-23	-07	2	10
24	17 20	168	31	-24	+27	3	4
27	06 54	76	31	-24	+61	2	6
28	13 51	50	31	-23	+82	2	5
VIII. 1	06 05	20		+34	+05	2	4
1	09 46	58		-30	-09	2	5
3	11 55	44		-16	+14	2	5
8	11 18	63		+27	+57	2+	11
10	10 56	35		-11	-59	2	7
21	07 49	49	66	+24	-21	2	8
23	11 39	62	66	+16	+17	2	7
28	07 08	23	73	-26	-36	2-	7
28	09 08	263	73	-31	-32	3	14
28	20 15	27	73	-28	-30	2	4
29	05 50	43	74	+24	-35	2+	8
29	10 34	20	73	-24	-21	2	10
29	13 33 E	8+	73	-31	-15	2	3
30	06 22	33	74	+26	-22	2	9
31	05 21	101	73	-31	-05	2+	9
31	05 46	38	75	+13	-03	2	4
31	13 01	66	74	+25	+01	3	8
IX. 1	09 48	28	75	+12	+11	2	6
1	12 56	65	75	+14	+16	2+	10
1	19 45	43	74	+24	+14	2	4
2	10 18	42	75	+14	+28	2	4
2	12 58	33	75	+10	+26	2	6
2	13 13	55	73	-34	+37	2	4

X. NAGY NAPKITÖRÉSEK

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	L _{CM}		
	h m	m		°	°		
1957. IX. 3	07 41	27	75	+14	+38	2	6
3	10 20	58	75	+15	+40	2	6
3	14 16	146	74	+23	+30	3	14
4	12 02	50	75	+19	+53	2	3
6	07 59	48	74	+24	+66	2	11
6	13 33	25	73	-28	+86	2	4
7	21 35	52	80	+14	-44	2	4
9	08 00	33	80	+12	-22	2	9
11	02 43	242	80	+13	+02	2	5
11	18 15	34		+16	+16	2	4
12	15 11	101	80	+11	+18	2	8
14	02 26	37	80	+11	+40	2	3
14	07 22	9	93	+09	-84	2	5
14	12 16	42		-25	+01	2	6
16	15 11	65	93	+09	-47	2	14
17	23 15	32	91	+22	-18	2	2
18	06 26	34	91	+23	-14	2+	6
18	10 33	63	91	+23	-11	2+	6
18	13 11	61	91	+23	-09	2	10
18	17 27	191	91	+22	-07	3+	8
19	04 03	78	91	+22	-03	3	5
19	07 53	50	91	+23	-01	2	12
20	21 18	40	93	+07	+14	2	4
21	04 15	17	91	+23	+23	2	4
21	13 31	71		+10	+06	2	11
22	12 48	89	93	+07	+37	2	5
22	23 24	27	91	+19	+57	2	4
26	19 12	222	98	+22	-16	3	6
27	21 15	44		+16	+05	2	3
30	16 58	36	98	+25	+35	3	5
X. 8	02 31	27		+17	+05	2	2
9	03 40	58		-38	+14	2	3
13	05 36	46		+11	-40	2+	3
14	13 20	15		+44	+90	2	3

(H_α-FLEREK)

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	L _{CM}		
	h m	m		°	°		
1957. X.	16	04 15	34	38	-26 -20	2	4
	19	06 03	97	38	-24 +24	2	9
	19	19 17	38	38	-25 +20	2	2
	20	16 37	87+	38	-27 +38	3	2
	25	08 36	58		-25 -09	2	5
XI.	2	09 17	30	61	-21 +16	2	8
	6	08 38	14	61	-28 +66	2	9
	10	06 06	82		-24 -65	2	4
	13	08 10	71	74	+19 +18	2	5
	15	09 04	34	74	+19 +45	2	5
	21	14 37	63		+16 +07	2	3
	22	04 04	39	83	+31 +28	2	2
	23	07 50	69	83	+26 +54	2	10
	24	08 54	168		-14 -36	2	8
XII.	2	10 46	55	96	-17 +35	2	8
	3	11 02	197	96	-20 +49	2	4
	5	05 48	192		-20 +19	2+	4
	5	10 14 E	52+		+26 -45	2	3
	6	03 48	44	112	+16 -45	2	4
	8	08 14	47		+34 -22	2	2
	12	17 55	50	112	+16 +42	2+	4
	14	08 45	25		+10 +45	2	2
	14	12 45 E	125+	126	+18 -78	2	2
	16	11 35	55	126	+16 -50	2	9
	17	07 34 E	129+	126	+20 -41	2+	4
	18	04 38	57	126	+17 -26	2	4
	18	06 05	60	126	+18 -20	2	2
	19	07 57 E	112+	126	+20 -14	2+	4
	20	10 22	29	126	+15 +06	2	4
	21	22 32	88	136	+24 -50	2	3
	23	00 38	14	136	+26 -40	2	2
	27	09 18	25	138	-19 +06	2	4
	30	16 04	58	138	-20 +51	2+	3

X. NAGY NAPKITÖRÉSEK

Dátum		Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
					B	L _{CM}		
		h m	m		°	°		
1958.	I.	4 21 28	78	11	-16	-31	2	2
		7 09 32 E	30+	11	-17	-01	2	2
		7 18 24	60		-18	-39	2	4
		13 13 00	48		-20	-27	2	3
		15 16 40	62		-14	+58	2	5
		20 14 42	56	36	+28	-46	2	5
		23 09 12	67	29	-24	+45	2	8
		25 00 40	24	36	+28	+13	2+	3
		25 09 32	77	29	-24	+70	2	17
		25 12 05	71	39	-20	-11	2	3
	II.	30 17 50	145	39	-17	+63	2	3
		31 11 48 E	80+		+20	+13	2	6
		4 08 59	21		-13	-53	2	4
		8 17 50	94	55	-20	-08	2	2
		9 02 07	59+	55	-20	-05	2	2
		9 13 30	83	56	-20	+02	2	4
		9 21 08	114	55	-12	+14	2	2
		10 13 28	31		-14	+64	2	11
		13 10 26	26	56	-18	+50	2	4
		25 04 53	78		-27	+23	2	4
		25 08 11	46		-33	-04	2	6
		25 19 54	114	70	-15	+47	2	3
		26 05 37	54	70	-18	+61	2	3
		27 03 14	40		+35	-24	2	2
		28 07 59	23	76	-14	+33	2+	4
	III.	1 09 09	35	76	-11	+46	3+	5
		3 10 05 E	55+	85	-16	-60	3	8
		7 10 27	21		+10	-71	2	10
		8 17 20	32	84	+34	+18	2	2
		9 15 41	88	84	+33	+32	2	2
		10 13 35 E	10+	84	+34	+29	2	2
		10 20 26	44	85	-12	+50	2	4
		12 14 16	75	85	-19	+68	2	2
		14 14 54	36	85	-21	+85	3	3

(H_α-FLER EK)

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	L _{CM}		
	h m	m		°	°		
1958. III.	17 08 11	14	100	+23	-76	2	2
	20 13 02	28	100	+24	-28	2	2
	20 20 31	53	100	+22	-27	2	2
	23 09 52	129	107	-14	-77	3+	14
	23 13 14	134	107	-15	-83	2	4
	24 10 44	12	109	-22	-84	2	4
	25 05 57 E	27+	107	-15	-50	2	2
	26 23 28	52	107	-19	-30	2	3
	27 10 44	27	100	+23	+70	2	4
	27 15 36	89	107	-15	-23	2	5
	27 21 48	20	100	+28	+81	2	3
	28 10 32	54	109	-24	-26	2	7
	28 17 03 E	121+	107	-15	-09	2+	3
	28 20 43	48	109	-23	-21	2	3
	29 13 40	22	112(12)	+34	-76	2+	5
	30 00 45 E	38+	112(12)	+35	-74	2	2
	30 08 42	9	112(12)	+33	-67	2	6
	30 09 45	185	107(3)	-15	+19	2	9
	30 20 09	63		+21	+50	2	3
	31 00 09	18	107(3)	-18	+21	2	4
IV.	31 00 26	16	112(12)	+37	-59	2	4
	31 00 38	35		-11	+24	2	4
	1 10 51	66	3	-14	+42	2	12
	5 08 00	51	12	+30	+08	2+	6
	5 19 28	21		+44	-82	2	2
	7 10 13	122		+15	-33	3	5
	10 16 15	30		+07	+12	2	3
	14 20 44	64		+13	+09	2	4
	29 11 29	58		+30	-50	2	5
	29 18 58	68	51	-16	-46	2+	4
V.	30 09 35	28		-21	+10	2	6
	1 21 17	67	51	-19	-16	2	4
	2 09 48	70	51	-17	-11	2	8
	3 07 47	41		+18	-49	2	13
	3 08 48	40	51	-15	+01	2	6

X. NAGY NAPKITÖRÉSEK

Dátum		Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
					B	L _{CM}		
		h m	m		°	°		
1958.	V. 3	13 02	86	51	-16	+01	2	13
	4	07 10	14		+22	+36	2	4
	5	04 05	40	51	-18	+29	3	3
	5	09 07	52	51	-16	+26	2	10
	6	03 36	30	51	-16	+37	2	3
	6	13 25	24		+14	-53	2	6
	VI. 3	03 34	60	86	+32	+49	2+	4
	3	15 10	24	86	+30	+53	2	8
	5	07 10	30	102	+44	-58	2	2
	5	16 17	100		-19	-68	2+	5
	5	22 58	32	102	+46	-48	2	2
	6	04 44	50		+16	+78	2	7
	6	16 05	31	102	+42	-41	2	5
	8	23 05	65	102	+44	-16	2	2
	11	20 38	25	102	+44	+24	2+	3
	12	07 20	12	102	+43	+31	2	4
	12	07 35	37+	113	+14	-75	2	3
	14	11 19	31	113	+14	-47	2	6
	14	17 03	45	102	+43	+54	2	6
	19	02 18	36	113	+14	+18	2	5
	19	09 41	129	113	+14	+22	2	13
	20	00 18	28	113	+16	+34	2	4
	21	12 32	28	126	+23	-79	2	4
	23	07 04	75	126	+26	-52	2+	9
	26	02 45 E	71+	131	+10	-49	2+	5
	28	15 56	159	127(2)	-22	-04	2	2
	28	20 32	40	131	+18	-13	2	3
	VII. 1	16 49	91	2	-20	+38	2	6
	3	20 08	161+		+08	+54	2	4
	3	20 09	33		+29	-25	2	4
	7	00 30	224		+25	+08	3+	5
	10	03 04	174	14	-22	+32	2	2
	10	21 32	61		+15	-55	2	3
	11	07 53	137		-25	-27	2	21
	12	07 55	32	14	-24	+71	2	14

(H_α-FLEREK)

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. olasz. száma
				B	L _{CM}		
	h m	m		°	°		
1958. VII. 19	13 14	74	25	-23	+53	2	12
19	19 05	85+	33	+23	-13	2+	4
20	07 01	33	25	-22	+64	2	6
20	12 03	55	25	-22	+67	2	12
23	05 10	41		-08	-39	2	4
23	11 28	50	43	+18	-41	2	10
23	13 09	121	43	+17	-34	2	8
26	08 57	30	39	-16	+08	2	12
26	13 31	43	33	+19	+74	2	6
26	13 53	42	39	-16	+12	2	4
28	06 55	51	39	-14	+37	2-	4
28	10 24	6	39	-15	+35	2	4
29	02 59 E	69+	39	-14	+44	3	2
29	11 28	69		+15	-01	2	10
29	16 48	118		+01	-17	2+	5
30	15 26	54	39	-13	+64	2	13
31	13 28	13	39	-12	+89	2	4
VIII. 3	21 44	61		+08	+50	2+	4
4	04 09	121		+31	+31	2	3
7	14 59	94	76	-16	-71	2	11
11	10 11	27	76	-15	-10	2	10
12	04 21	42		-14	+40	2	3
13	01 01	50	76	-12	+13	2	4
13	12 08	60	76	-14	+19	2	9
13	21 34	28	76	-14	+24	2	4
14	16 13	47	76	-14	+28	2	4
16	04 33	133	76	-14	+49	2	9
18	08 04	80	88	+18	-49	2	16
19	21 20	11	88	+18	-28	2	5
20	00 42	22	88	+16	-19	2+	4
22	14 22	175+	88	+18	+09	3	5
23	10 12	24		-12	+69	2	5
25	09 53	49	88	+17	+45	2	5
26	11 42	44		+07	-11	2	8
28	10 27	12		-18	+65	2	7

X. NAGY NAPKITÖRÉSEK

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Eszl. obsz. száma
				B	L _{CM}		
	h m	m		°	°		
1958. VIII. 30	14 12	149+	103	-08	-19	2	6
30	19 43	45		-05	+43	2	3
IX. 2	10 24	46		-16	-79	2+	4
4	14 06	83	103	-13	+53	2	7
7	14 43	32		+19	-70	2	6
7	16 39	47		-32	-18	2	2
9	13 47	74		-15	+18	2	7
12	06 57	41		-13	-66	2	9
13	09 11	39	116	-10	+59	2	12
14	08 28	91	116	-11	+79	2	12
15	16 54	66	139	-20	-48	2+	4
16	14 50	59	139	-23	-37	2	7
17	08 28	255	139	-19	-33	2	10
18	07 29	112		-11	+53	3	8
20	02 34	39	139	-23	+07	2	3
22	07 40	55	139	-20	+42	2+	9
22	10 13	19		+17	+65	2	4
23	10 27	29	139	-19	+46	2	5
24	19 32	249		+22	+63	2	3
25	09 06	64	139	-20	+69	2	4
X. 1	12 14	35		-10	-53	2	4
2	18 09	61	17	+13	-52	2+	4
7	19 54	103	17	+20	-31	2	5
15	07 06	69	34	-05	-67	2	5
15	10 23	48		-27	-26	2	11
15	10 40 E	164+	34	-03	-64	2	3
19	08 58	63		-16	+33	2+	7
21	14 16	44	34	-05	+16	2	4
21	19 50	88	35	-08	+03	2	4
21	23 20	123	34	-04	+22	2	5
22	06 52	78	34	-06	+17	2	6
23	02 29	31	35	-05	+20	2	3
23	02 36	76	34	-04	+38	2	3
24	14 33	207	34	-04	+56	2+	10
28	15 06	36		+18	+39	2	5

(H_α-FLERÉK)

Dátum		Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
					B	L _{CM}		
		h m	m		°	°		
1958.	X. 29	07 03	52		+08	+50	2+	6
	31	09 51	67	55	-17	-39	2	5
	31	11 10	26	55	-18	-44	2	2
	XI. 3	07 16	53	55	-16	-02	2+	4
	5	10 14	22		-14	+88	2+	4
	7	03 11	69		+06	+48	2	3
	14	00 36	72		-19	-52	2	2
	18	20 24	39		-10	-80	2	4
	22	13 28	52+		-26	-57	2	2
	22	14 20	67		-16	-58	2	3
	24	16 07	177		-12	+09	3	3
	25	08 10	34	88	+19	-12	2	6
	28	12 53	43	88	+21	+28	2	6
	28	21 25	77	88	+19	+31	2	3
	29	09 26	46	88	+19	+40	2	8
	XII. 3	07 02	31	112	+16	-87	2	3
	3	09 54	16	112	+15	-85	2+	6
	8	09 01	34	114	-03	-46	2	9
	10	02 20	40	114	+01	-20	2	2
	11	18 02	40	114	-02	00	2	2
	12	00 54	24	114	00	+06	2+	4
	12	02 10	34	114	-03	+04	2+	3
	12	12 20	207	114	-03	+08	2+	6
	13	00 20 E	43+	114	-04	+14	2	4
	15	06 24	30		+25	-20	2	3
	16	04 03 E	49+		-16	+38	2	3
	21	09 20	67	134(2)	-13	-85	2	3
	23	06 09 E	81+	134(2)	-15	-66	2	2
	28	13 05	53		+08	+40	2	2
	31	16 58	43	134(2)	-18	+54	3	2
1959.	I. 1	08 53	42	2	-13	+62	2	7
	2	14 21 E	46+		-14	+82	2	2
	5	10 55	44		+26	-27	2	7
	14	02 32	64		-24	+44	2	2

X. NAGY NAPKITÖRÉSEK

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	L _{CM}		
	h m	m		°	°		
1959. I. 19	00 20	55	34	+18	-34	2	3
20	11 06	37	34	+20	-15	2	6
21	12 48	108 +		-13	-27	2	4
21	17 00	50		+10	-48	2	2
22	11 08	37	37	+09	+03	2	6
25	02 10	54	34	+16	+44	2	5
25	14 07	55	34	+18	+50	2	6
25	14 24	23	37	+12	+36	2	4
25	19 25	80	37	+10	+36	2	2
26	08 45	59	34	+16	+61	2	6
26	10 27	168	34	+15	+60	2	5
27	14 19	39	37	+09	+60	2	11
29	14 39 E	23 +		+03	-13	2	5
30	23 42	26	59	+13	-90	2	2
31	01 10	33	48	+20	-02	2	4
II. 1	11 53	40	48	+23	+16	2	2
2	10 20	115	48	+21	+30	3	7
2	18 16	84	59	+12	-60	3	3
3	11 35	30	59	+13	-50	2	7
4	14 16 E	84 +	48	+20	+58	2	4
6	14 43	70	59	+18	-11	2	6
9	08 20	26	67	+09	-87	3	6
9	09 45	30	67	+07	-87	2	8
9	12 30	131 +	67	+19	-88	2	5
10	08 03	55	67	+10	-73	2	6
10	13 28	42 +	67	+09	-69	2	3
10	14 35	45	67	+05	-70	2	2
12	23 01 E	133 +	67	+13	-48	2 +	2
17	08 52	9		+02	-66	2	5
18	10 44	26		+15	-31	2	10
19	20 34	73		+10	+10	2	2

(H_α-FLEREK)

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	LCM		
	h m	m		°	°		
1959. III. 6	12 25 E	111 +		+13	+21	2	4
	11 18 08	38	109	+14	-82	2	3
	15 12 15	99	111	+31	-48	2	4
	18 06 26	45	111	+27	-07	2	4
	19 10 37	39	111	+28	+17	2	14
	20 15 34	64		+17	-45	2	7
	21 01 58	48	109	+12	+36	2	3
	21 09 06	74	109	+15	+42	2	15
	21 16 48	23	111	+29	+49	2	3
	24 07 05	109		+19	+04	2	8
	24 10 01	98	111	+29	+75	2	16
	25 05 04 E	93 +	128(2)	+24	-77	2	2
	25 06 15 E	17 +		+16	+64	2	2
	26 21 01	27	128(2)	+26	-56	2	2
	28 17 26	59	123	+22	+34	2	2
	28 21 14	90	123	+24	+33	3	5
	29 08 08	56	130(5)	+17	-37	2	6
	29 15 18	72	128(2)	+27	-19	2	3
IV. 1	05 02	14	2	+27	+18	2	4
	3 12 43	40	5	+15	+32	2	9
	4 07 24	122	5	+15	+44	2	12
	5 23 16	114	5	+16	+67	3 +	4
	6 12 40	35	5	+15	+76	2	3
	7 13 55	82		+10	-84	2 +	3
	8 09 16	31	18	+26	-85	3	10
	10 10 40	25	18	+26	-54	2 +	5
	11 08 25	36	18	+27	-46	2	12
	11 14 42	82	18	+25	-41	2	7
	12 11 08	62	18	+26	-30	2	10
	13 08 31	51	18	+27	-19	2 +	16
	14 12 20	21	18	+27	-05	2	7
	15 08 33	16	18	+28	+06	2	6
	15 10 53	35		-19	+78	2 +	4
	18 08 05	35	18	+29	+46	2	6
	19 08 25	34	18	+29	+60	2	4

X. NAGY NAPKITÖRÉSEK

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	LCM		
	h m	m		°	°		
1959. IV. 24	07 54	12		+13	-90	2	4
V. 1	07 38	64		+16	-05	2	5
7	20 46 E	24+	60	+22	+90	2	2
8	22 52	17	60	+22	-86	2	2
10	20 17	26	59	+19	-54	2	3
10	21 00	310	59	+20	-46	3+	5
10	23 15 E	140+	60	+19	-50	3	2
11	20 08	82	59	+10	-41	2+	4
12	07 03	54		+10	+22	2	5
13	05 06	27	60	+22	-24	2+	8
13	14 17	13		-08	-82	2	3
13	15 58	46	59	+15	-18	2	5
16	07 08	58		+29	+50	2	3
18	15 46	30	60	+21	+53	2	6
19	13 32	28	60	+21	+58	2	4
23	01 41	42		+26	+05	2	2
26	23 47	33		+02	+14	2	3
VI. 2	18 12	54		-15	-27	2+	4
6	13 17	153	80	-08	+28	2	5
7	08 08	23	80	-08	+40	2	4
11	14 58	75		+07	+04	2	3
12	07 48	127		+20	-60	2	12
15	02 32 E	93+	92	+20	-29	2	3
15	10 52	59	92	+16	-26	2	8
16	06 19	98	92	+15	-15	3	9
17	14 27	67	92	+16	+02	2	15
18	11 10	36		+08	-61	2	8
18	11 36	70	92	+16	+12	3	7
22	10 13	73	92	+18	+68	2	13
29	09 02	46		-22	-30	2	7
29	13 08	35		-15	-29	2	7

(H_α-FLERÉK)

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	L _{CM}		
	h m	m		°	°		
1959. VII. 8	08 22	74		+11	+50	2	13
9	19 32	101	20	+18	-67	2	5
10	02 06	404	20	+19	-58	3+	9
12	21 55	101	20	+19	-25	2	6
13	19 25	105	24	-23	-45	2	5
14	03 25 E	283+	20	+18	-04	3+	20
14	14 00	143	24	-25	-37	3	14
16	06 38	83	20	+16	+21	2	8
16	13 48	41		+21	+25	2	9
16	16 05	38	20	+13	+26	2	9
16	21 16	194	20	+15	+30	3	3
19	00 39	51		+12	-16	2	4
20	15 25	83		+16	+44	2	7
27	12 25	33		+14	-51	2	9
27	20 58	80	35	+27	-26	2	6
29	20 21	58	42	+12	-21	2	3
29	21 17	81	42	+15	-23	2+	3
30	00 01	72		+11	-35	2	3
30	16 50	45	35	+29	+11	2	3
VIII. 1	13 15	76	35	+27	+37	2	7
4	10 28	40		+04	+12	2	4
7	15 54	41		+16	-45	2	6
10	22 00	33		+12	-02	2	3
14	00 42	103		+12	-30	2	2
14	02 10 E	132+	66	+11	-26	2	3
17	20 47	23	66	+14	+27	2	4
18	10 19	117	66	+12	+33	3	17
18	16 55	83		+05	-16	2+	5
22	13 11	31	78	+16	-60	2	6
24	01 24	51+	78	+20	-32	2	2
24	22 34	50		+16	-28	2+	2
25	04 58	22		00	+64	2	2
25	06 27	51		+20	-01	2	10

X. NAGY NAPKITÖRÉSEK

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	L _{CM}		
	h m	m		°	°		
1959. VIII. 27	12 08	46	82	-10	-16	2	4
30	15 36	61		+13	+36	2	5
31	22 28	63	82	-08	+46	2+	3
IX. 1	16 53	68	82	-12	+51	2	8
1	19 24	187		+12	-60	2+	3
2	07 24	128		+10	+10	2	13
2	16 03	31	80	+25	+76	2+	8
3	04 21	17	80	+25	+86	2	3
9	06 51	77		+05	-29	2	14
15	07 24 E	111+		+14	-57	2	3
15	08 09 E	85+		-18	+71	2	3
X. 7	05 02	37		+31	-56	2	3
8	14 28	22		+03	+05	2	9
10	03 29	86	8	-17	+38	2	3
10	04 56	55		-18	+52	2	4
13	07 10 E	40+	8	-16	+86	2	3
21	20 58	31		-08	+70	2	2
23	15 17	15+		-08	+34	2	2
XI. 10	11 04 E	48+		-20	-11	2	2
15	07 34	38		-12	+34	2	3
18	23 24	62		+14	+66	2	2
26	07 47	32	56	+11	-65	2	5
26	09 24	76		-15	+17	2+	8
27	12 20	77+		+19	-32	2	3
28	12 10	85	56	+11	-34	2	4
28	20 08	80	56	+12	-31	3	3
29	13 35 E	80+	56	+10	-20	2	2
29	18 22	100	56	+09	-18	2+	4
30	11 11	39	56	+11	-07	2	2
30	17 21	84	56	+07	-06	3	5
XII. 1	16 40	207	56	+09	+04	2+	4
2	12 19 E	86+	56	+08	+16	2+	2
3	10 10	36	56	+08	+30	2	2
4	07 39	146	56	+07	+38	2	5
4	18 14	166	56	+06	+44	2	2

(H_α-FLERÉK)

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma	
				B	LCM			
	h m	m		°	°			
1959. XII.	5	12 15	35	58	+12	+07	2	2
	8	07 50	42	58	+12	+44	2	2
	11	09 10 E	47+		-16	+44	2	2
1960. I.	7	15 22	33	1422/38	+08	+74	2	3
	8	18 03	172	22/38	+27	+13	2	3
	11	20 40 E	166+		+22	-02	3	2
	15	13 36	79+		-20	+68	2	4
	24	13 06	52+		+08	-36	2	2
II.	3	08 16	45		-14	+36	2	6
	3	12 15	51	23/38	+10	+25	2	4
	4	01 12	26	23/38	+10	+34	2	2
	4	08 38 E	25+	23/38	+10	+39	2	2
	22	14 29	51		+07	-40	2	3
	26	07 01	87		-22	+16	2	7
III.	2	10 40	71		+22	+20	2	5
	7	18 10	120		00	-36	2	2
	14	07 40	34		-10	+43	2	7
	28	20 45	59	25/29	+14	-36	2	2
	29	06 53	216	25/29	+12	-30	2+	9
	29	15 18	12	25/29	+11	-28	2	4
	29	20 39	85	25/29	+12	-26	2	2
	30	15 08	104	25/29	+12	-12	2+	8
	31	11 50	98+	25/29	+10	+01	2	3
IV.	1	08 44	243	25/29	+12	+11	2	10
	2	12 40	15	25/29	+08	+23	2	3
	3	05 42	15	25/29	+11	+36	2	4
	3	11 44	79	25/29	+11	+39	2	7
	5	02 15 E	53+	25/29	+12	+62	2+	4
	6	11 32	20	25/29	+11	+81	2	9
	29	01 39	300	26/38-40	+14	+21	2	13
V.	4	10 08	40	26/38-40	+13	+90	2	3

X. NAGY NAPKITÖRÉSEK

Dátum		Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
					B	L _{CM}		
		h m	m		°	°		
1960.	V. 6	14 08	346		-08	-07	3+	10
	9	07 04 E	129+		-11	-52	3	10
	13	05 22	105		+30	+67	3	6
	15	14 12	78	1427/21	+16	-16	2	3
	16	19 01	50	27/21	+14	+02	2	4
	26	08 59	90		+14	+15	2	9
	28	14 02	66		+13	-56	2	6
	VI. 1	08 35	123	28/02	+29	-46	3+	18
	8	07 35	56	28/02	+32	+36	2+	9
	8	17 48	60	28/02	+28	+38	2	4
	10	05 06 E	59+	28/02	+31	+61	2	5
	10	09 25	35	28/02	+30	+62	2	5
	11	01 12	83+		+17	-16	2	2
	12	04 36	104	28/22	-14	-52	2	4
	13	07 29	40	28/10	+18	+28	2	8
	13	17 09	51	28/10	+18	+33	2	2
	15	05 48 E	131+	28/22	-11	-08	2	6
	16	08 08	117		+10	-64	2	2
	25	07 12	17	28/39	+20	-09	2	4
	25	11 36	181	28/39	+21	-06	3	8
	25	20 41	52	28/39	+19	+04	2	4
	26	04 28	57	28/39	+20	+08	3	2
	26	13 44	57	28/39	+19	+13	2	5
	27	00 00	120		-08	-34	3	2
	27	21 40	122	28/39	+21	+25	3	4
	VII. 1	04 40	70	28/39	+20	+76	2	3
	7	02 00	86+		+24	-12	2	2
	8	23 28	42		+08	+32	2	2
	9	17 52	75		-15	-30	2	3
	14	10 57	43		+15	+52	2	11
	20	10 21	69		+21	+46	2	5
	23	12 27	21		+14	+68	2	4

(H_α-FLEREK)

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	L _{CM}		
	h m	m		°	°		
1960. VIII. 6	13 10	20		+17	-78	2+	4
11	02 35	64	1430/13	+21	-35	2	4
11	19 20	88	30/13	+22	-26	2+	3
14	05 13	83	30/13	+22	+06	2+	8
14	13 06	33		+20	-34	2	7
16	11 28	65	30/22	-10	-29	2	10
16	23 04	44	30/22	-10	-23	2	3
21	15 46	42		+27	+02	2	4
30	09 20	57	31/14	+18	-14	2	7
IX. 1	20 58	52	31/14	+20	+15	2	4
2	05 25	215	31/14	+18	+23	2	8
2	22 28	116	31/14	+21	+31	2	3
3	00 38	76+		+18	-88	2	2
12	07 36	42		+19	-50	2	6
19	07 01	45	32/07	-18	-75	2	6
24	21 16	46	32/07	-21	+10	2	3
25	16 38	244		+27	-06	2	3
26	13 50	40		-21	+64	2	6
X. 11	05 17	111	32/30	-16	+36	2	8
11	17 49	106	32/30	-16	+46	2	4
13	19 02	78		-17	-81	2+	5
14	20 40	125		-24	-56	2	3
15	11 10	28		+16	+66	2	2
27	22 02	19		+21	+90	2	2
29	10 28	183+		+22	-26	3	4
XI. 2	09 15 E	19+		-05	-20	2	3
10	10 10	170	33/39	+28	-28	3	9
12	13 15	300	33/39	+26	+03	3+	8
13	13 06	43		+24	-59	2+	3
14	00 00	56	33/39	+29	+17	2	2
14	02 46	154	33/39	+27	+20	2	2
15	02 07	140	33/39	+26	+35	2	2
20	21 19	96	33/39	+28	+90	2	4

X. NAGY NAPKITÖRÉSEK

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	Lcm		
	h m	m		°	°		
1960. XI. 28	15 52	32		-09	-74	2	2
XII. 5	18 29	234		+26	-74	3+	4
14	13 21	30		+26	+52	2	2
16	15 21	65		+16	+36	2	3
20	08 36	28		-17	+74	2	3
1961. III. 18	07 35 E	67+		+24	-88	2	2
26	10 15	59		-15	-73	2	16
IV. 26	16 47	178		-11	-54	2	2
V. 4	21 54	106		-10	+56	3	4
9	15 41	134		+09	-12	2	6
21	16 54	20		+05	-72	2	4
VI. 7	08 30	53	1441/18	+02	-10	2	8
11	09 42	106	41/18	+01	+47	2	8
11	15 05	68	41/18	+02	+49	2	5
VII. 11	16 32	207	42/32	-07	-32	3	4
12	10 04	120	42/32	-07	-22	3	16
15	14 34	273		+13	-15	3	8
15	15 08	30	42/32	-07	+20	2	5
18	08 07	32	42/32	-07	+58	2	7
18	09 30	146	42/32	-07	+59	3	19
20	16 33 E	57+	42/32	-05	+90	2	3
20	18 34	46	42/32	-07	+90	3	5
21	17 16	31	42/32	-03	+90	2	3
24	04 10	118	43/12	+13	-18	2	8
24	17 44	176	43/12	+08	-09	2+	6
28	02 44 E	107+	43/12	+12	+38	2	2
28	15 58	167	43/12	+09	+44	2	3
29	16 40	28	43/12	+08	+58	2	4
VIII. 14	14 12	138		-07	+69	2	9
22	10 42	188		+09	+13	2	7

(H_a-FLEREK)

Dátum	Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	LCM		
	h m	m		°	°		
1961. IX. 4	14 28	46		+13	+03	2	7
8	14 47	123		+19	+52	2	7
16	11 01	45		+18	-77	2+	8
26	10 16 E	36+	1445/16	+14	-64	2	4
28	22 05	165	45/16	+13	-29	3	3
XII. 25	20 07	103		-06	-16	2	2
1962. II. 3	23 47	17		+12	+80	2	4
19	12 45 E	140+	51/06	-09	-76	2	2
19	13 04 E	86+		+10	-77	2	4
20	05 49	35	51/06	-10	-80	2	3
	28 06 48	45	51/06	-13	+37	2	5
	28 11 50	32	51/06	-12	+36	2	6
III. 1	16 35	53	51/06	-13	+56	2	3
13	14 46	69		+09	-66	2+	5
25	14 02	58		+08	+04	2	6
IV. 14	19 26	50		+08	-85	2	3
18	17 37	77	53/05-06	+09	-05	3	5
19	19 35	39	53/05-06	+07	+10	2	4
20	19 59	36	53/05-06	+09	+26	2	4
22	14 36	142	53/05-06	+08	+48	2	8
	27 13 52	43		+08	-49	2	5
V. 1	05 31	109	53/17	+20	-67	2	7
1	12 18	64	53/17	+20	-64	2	4
31	10 48	83		+14	+68	2	7
VII. 5	19 33	25		+03	+74	2	4
IX. 7	15 08	144		-14	-24	2	6
25	06 10 E	101+		+12	-53	2	8
X. 23	16 44	54		+03	+70	2	2

X. NAGY NAPKITÖRÉSEK (H_α-FLEREK)

Dátum		Kezdet	Tartam	AR szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. ohsz. száma
					B	L _{CM}		
		h m	m		°	°		
1963.	II. 6	22 19	101		-16	+08	2	2
	IV. 10	07 30	115		+14	+40	2	7
	15	10 34	116	1466/04	-11	+06	2	5
	15	16 13	60	66/04	-10	+09	2	8
	V. 1	05 25	190		+15	-46	2	8
	27	05 29	121		+11	-15	2	7
	VI. 1	08 48	55		+09	-50	2	8
	12	11 03	31	68/11	+12	+08	2	7
	14	06 20	78		+02	00	2	9
	16	11 56	74	68/11	+09	+64	2	6
	20	08 07	51+		+12	-45	2	3
	VII. 4	14 34	36		+15	-62	2	2
	VIII. 6	08 55	92+		+13	+12	2	15
	IX. 15	00 15	124	72/02	+15	-75	2	3
	15	04 59	47	72/02	+11	-68	2	3
	15	20 08	122	72/02	+10	-60	2+	3
	16	00 04	94	72/02	+10	-60	2	3
	16	03 25	172+	72/02	+11	-57	3	3
	16	09 35	89	72/02	+12	-53	2	13
	16	13 00	70+	72/02	+10	-50	2	12
	17	06 29	72	72/02	+12	-41	2	8
	17	09 37 E	62+	72/02	+12	-41	2	10
	18	13 51	89	72/02	+13	-24	2	7
	19	22 58	57	72/02	+12	-08	2	2
	20	07 13	234+	72/02	+14	-04	2	9
	20	23 14	167	72/02	+10	+09	2	4
	21	03 00 E	110+	72/02	+13	+09	2	2
	26	06 38 E	186+	72/02	+13	+78	3	16
	X. 22	13 21	169		+11	-50	2	13
	26	10 43	107	73/08	+10	+02	2	6
	26	18 36	127	73/08	+11	+08	2	5

Magyarázatok a táblázatokhoz

X. táblázat: A „nagy” H-alfa flerek katalógusa az International Astronomical Union QUARTERLY BULLETIN ON SOLAR ACTIVITY c. negyedévi kiadvány alapján készült. A fler-katalógust Kálmán Béla készítette.

A katalógus tartalmazza mindazon H-alfa fler-észleléseket, amelyeket az észlelő obszervatóriumok legalább fele, legalább 2-es jelentőségűnek észlelt, és legalább két helyen észlelték.

A flerek „jelentőségét” (Imp.) maximális területi kiterjedésük alapján osztályozzák. Ha ez a terület a látható napkorong területének legalább 0,0005-szöröse, akkor 2-es, míg ha legalább 0,0012-szerese, akkor 3-as flerről beszélünk. Ezen a napkorong középpontjára vonatkozó és a kiterjedésre utaló számok mellett álló + ill. – jel az átlagosnál fényesebb, illetve halványabb flerre utal. (Lásd még a 28. oldalon levő táblázatot.)

A fler kezdetének időpontjai világidőben megadott átlagértékek; amennyiben a fler kezdetét nem sikerült észlelni, az E betű hívja fel erre a figyelmet; ilyen esetekben az időadat az első észlelés időpontját jelenti, és a harmadik oszlopban + jel áll; természetesen itt + jel azt is jelentheti, hogy a fler végét már nem sikerült észlelni.

„AR szám” alatt a flerhez tartozó szoláris aktív vidék fent említett kiadványban található sorszáma áll. 1960. január 1-től kezdődőleg ezt a sorszámozást naprotációként (és nem negyedévenként) kezdték újra és így a Carrington-féle rotáció számok is megadottak.

A heliógrafikus koordináták közül a „hosszúság” a centrálmeridiántól számított hosszúságkülönbséget adja meg; a negatív előjel a keleti, a pozitív a nyugati oldalt jelenti. (A Nap keletről nyugatra forog.)

I. táblázat: A csillagidő a greenwichi meridiánra vonatkozik.

V. táblázat: Az *r* oszlopban „Cs. E.” alatt a bolygók geocentrikus távolságai vannak megadva csillagászati egységben. Az *m* oszlopban a látszólagos, vizuális fényességek magnitúdókban.

VIII. táblázat: „l” és „b” az ekliptikai hosszúságot, ill. szélességet jelenti. A Merkúr esetében ezek az 1972,0 míg a többi esetben az 1950,0 epochára vonatkoznak. (Ez utóbbi esetben a hosszúságoknál kb. + 0,3° korrekciót kell általában alkalmazni, hogy az adatok közelítőleg szintén 1972,0-ra vonatkozzanak.)

IX. táblázat: Az égbolt 2,6 látszólagos vizuális magnitúdónál fényesebb, 79 (általában) legfényesebb csillagára vonatkozó adatokat tartalmaz.

„RA”, és „D” az I., V. és IX. táblázatokban rektaszcenziót ill. deklinációt jelent.

A CSILLAGOS ÉG 1972-BEN

(Időpontok KözEI-ben)

Január

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 8-ig a Kígyótartó, utána a hó végéig a Nyilas csillagképben. A hó elején egy és háromnegyed, közepén egy órával kel a Nap előtt. A hó első felében figyelhető meg napkelte előtt a délkeleti égbolton. 1-én legnagyobb nyugati kitérésben 23° távolságra a Naptól. 4-én fázisa 0,69, fényessége $-0,1$ magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 13-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A hó elején két és fél órával, végén három órával nyugszik a Nap után. Mint estcsillag látható a délnyugati égbolton. 14-én fázisa 0,83 csökkenő, fényessége $-3,5$ magnitúdó, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. Éjfél előtt nyugszik és az esti órákban figyelhető meg a nyugati égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez 17-ig a Kígyótartó, után a Nyilas csillagképben. A hó végén másfél órával kel a Nap előtt és újra megfigyelhető a hajnali szürkületben a délkeleti égbolton. — *Szaturnusz* 31-ig hátráló mozgást végez a Bika csillagképben. Hajnalban nyugszik és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Uránusz* 23-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfélkor kel és a hajnali órákban figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Skorpió csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	03,8	Algol minimumban
3	—	Quadrantidák meteorraj gyakorisági maximuma
4	00,7	Algol minimumban
6	20	Merkur $0,8^\circ$ -kal északra a Jupitertől
6	21,4	Algol minimumban
8	21	Uránusz 6° -kal északra a Holdtól
12	15	Neptunusz 6° -kal északra a Holdtól
12	22	Antares $0,2^\circ$ -kal délre a Holdtól

Nap Óra

14	05	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól
14	21	Merkur 3°-kal északra a Holdtól
16	12	Gyűrűs napfogyatkozás, tőlünk nem látható. A gyűrűs fogyatkozás sávja a Ross-tengeren, az Anktarktis ausztráliai részén és a Davis tengeren halad át.
19	09	Vénusz 4°-kal délre a Holdtól
22	12	Mars 5°-kal délre a Holdtól
24	02,4	Algol minimumban
25	11	Szturnusz 7°-kal délre a Holdtól
26	23,2	Algol minimumban
29	00,0	Algol minimumban
30	12	Teljes holdfogyatkozás, tőlünk nem látható.

Február

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 15-ig a Bak, 15-től 29-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A hó végén egy órával nyugszik a Nap után és napnyugta után figyelhető meg a nyugati égbolton. 17-én felső együttállásban a Nappal. 28-án fázisa 0,94, fényessége — 1,3 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 4-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. Három és fél órával nyugszik a Nap után és mint estecsillag látható a nyugati égbolton. Fázisa 13-án 0,74 csökkenő, fényessége — 3,6 magnitúdó, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 7-ig a Halak, utána a Kos csillagképben. Éjfél előtt nyugszik és az esti órákban figyelhető meg a nyugati égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A hó végén két órával kel a Nap előtt és a hajnali szürkületben figyelhető meg a délkeleti égbolton. — *Szturnusz* a hó elejétől előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Éjfél után nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél előtt kel és az éjszaka második felében figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Skorpió csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap Óra

5	0,5	Uránusz 6°-kal északra a Holdtól
5	21	Ceres szembenállásban a Nappal
9	01	Neptunusz 6°-kal északra a Holdtól

Nap	Óra	
9	07	Antares 0,2°-kal délre a Holdtól
11	00	Jupiter 3°-kal északra a Holdtól
13	04,1	Algol minimumban
16	00,9	Algol minimumban
18	05	Vénusz 5°-kal délre a Holdtól
18	21,7	Algol minimumban
20	01	Mars 5°-kal délre a Holdtól
21	17	Szturnusz 7°-kal délre a Holdtól

Március

Bolygók

Merkur 21-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Halak csillagképben. A hó elején egy, közepén másfél órával nyugszik a Nap után. A hó első két harmadában figyelhető meg napnyugta után a nyugati égbolton. 14-én legnagyobb keleti kitérésben 18° távolságra a Naptól. 31-én alsó együttállásban a Nappal. 14-én fázisa 0,46, fényessége $-0,1$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 5-ig a Halak, 5-től 27-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. E hó folyamán négy órával nyugszik a Nap után és mint estecsillag látható a nyugati égbolton. 14-én fázisa 0,63 csökkenő, fényessége $-3,8$ magnitúdó, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 15-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. Éjfél előtt egy órával nyugszik és a kora esti órákban figyelhető meg a nyugati égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. Két és fél órával kel a Nap előtt és a hajnali órákban figyelhető meg a délkeleti égbolton. — *Szturnusz* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Éjjélkor nyugszik és az esti órákban figyelhető meg a nyugati égbolton. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti órákban kel és az éjszaka második felében figyelhető meg. — *Neptunusz* 7-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Skorpió csillagképben. Éjjélkor kel és a hajnali órákban újra megfigyelhető a délkeleti égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
3	12	Uránusz 6°-kal északra a Holdtól
7	02,4	Algol minimumban
7	09	Neptunusz 6°-kal északra a Holdtól
7	15	Antares 0,3°-kal délre a Holdtól
9	17	Jupiter 3°-kal északra a Holdtól

Nap	Óra	
9	23,4	Algol minimumban
16	21	Merkur 2°-kal délre a Holdtól
18	19	Vénusz 3°-kal délre a Holdtól
19	15	Mars 4°-kal délre a Holdtól
20	02	Szaturnusz 6°-kal délre a Holdtól
21	06	Plutó szembenállásban a Nappal
25	—	Hydridák meteorraj (március 12-től április 4-ig) gyakorisági maximuma
30	01,1	Algol minimumban
30	16	Uránusz 6°-kal északra a Holdtól

Április

Bolygók

Merkur 12-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Halak csillagképben, közben 20-tól 28-ig a Cet csillagképet érintve. A hó második felében fél, ill. háromnegyed órával kel a Nap előtt és megfigyelése napkelte előtt kísérhető meg a keleti égbolton. 28-án legnagyobb nyugati kitérésben 27° távolságra a Naptól. 24-én fázisa 0,35, fényessége +0,9 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Négy és egyharmad órával nyugszik a Nap után. Mint estecsillag, magas északi deklinációja és nagy fényessége miatt igen feltűnő a nyugati égbolton. 8-án legnagyobb keleti kitérésben 46° távolságra a Naptól. 13-án fázisa 0,48 csökkenő, fényessége —4,0 magnitúdó, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Az esti órákban nyugszik és a kora esti órákban még megfigyelhető a nyugati égbolton. — *Jupiter* 25-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjjél után kel és a hajnali órákban figyelhető meg a délkeleti égbolton. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A késő esti órákban nyugszik és a kora esti órákban még megfigyelhető a nyugati égbolton. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 6-án szembenállásban a Nappal. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Skorpió csillagképben. Az esti órákban kel és az éjszaka második felében figyelhető meg a délkeleti égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	08	Juno szembenállásban a Nappal
1	08	Mars 3°-kal északra a Szaturnusztól

Nap	Óra	
3	—	Virginidák meteorraj (március 21-től május 10-ig) gyakorisági maximuma
3	16	Neptunusz 6°-kal északra a Holdtól
3	22	Antares 0,6°-kal délre a Holdtól
6	06	Jupiter 2°-kal északra a Holdtól
8	12	Vénusz 5°-kal északra a Szaturnusztól
12	04	Mars 7°-kal északra az Aldebarántól
12	17	Merkur 5°-kal délre a Holdtól
15	03	Vénusz 9°-kal északra az Aldebarántól
16	15	Szaturnusz 6°-kal délre a Holdtól
17	03	Vénusz 0,1°-kal északra a Holdtól
17	05	Mars 3°-kal délre a Holdtól
19	02,8	Algol minimumban
22	—	Lyridák meteorraj (április 12-től 24-ig) gyakorisági maximuma
22	21	Vénusz 3°-kal északra a Marstól
26	20	Uránusz 6°-kal északra a Holdtól
30	21	Neptunusz 6°-kal északra a Holdtól

Május

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 15-ig a Halak, 15-től 25-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. A hó első felében félórával kel a Nap előtt és megfigyelése napkelte előtt kísérelhető meg a keleti égbolton. 13-án fázisa 0,67, fényessége 0,0 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 10-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben, mely utóbbiban 27-én hátráló mozgást vesz fel. A hó elején négy, végén három órával nyugszik a Nap után. Mint estecsillag ragyog a nyugati égbolton. Legnagyobb fényességét (−4,2 magnitúdó) 11-én éri el. Fázisa ugyanakkor 0,29, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 11-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. Az esti órákban nyugszik és az esti szürkületben még megfigyelhető a nyugati égbolton. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfél előtt kel és az éjszaka második felében figyelhető meg a délkeleti égbolton. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A hó elején két órával nyugszik a Nap után és az esti szürkületben még megfigyelhető a nyugati égbolton. 31-én együttállásban a Nappal. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Skorpíó csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 25-én szembenállásban a Nappal.

Megfigyelhető jelenségek

Nap Óra

1	04	Antares $0,7^\circ$ -kal délre a Holdtól. A Hold ez alkalommal el is fedi az Antarest
3	13	Jupiter 2° -kal északra a Holdtól
4	—	Aquaridák meteorraj (április 21-től május 12-ig) gyakorisági maximuma
11	20	Merkur 8° -kal délre a Holdtól
14	07	Szaturnusz 5° -kal délre a Holdtól
15	21	Vénusz 2° -kal északra a Holdtól
15	21	Mars 1° -kal délre a Holdtól. A Hold ez alkalommal el is fedi a Marst
17	07	Vénusz 3° -kal északra a Marstól
24	01	Uránusz 6° -kal északra a Holdtól
28	01	Neptunusz 6° -kal északra a Holdtól
28	10	Antares $0,8^\circ$ -kal délre a Holdtól
30	16	Jupiter 2° -kal északra a Holdtól

Június

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 11-ig a Bika, 11-től 26-ig az Ikrek, utána a Rák csillagképben. A hó közepén egy, végén másfél órával nyugszik a Nap után. Ez év folyamán e hó második felében kerül megfigyelésre legkedvezőbb helyzetbe napnyugta után az esti szürkületben a nyugati égbolton. 4-én felső együttállásban a Nappal. 22-én fázisa 0,75, fényessége $-0,4$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* hátráló mozgást végez 12-ig az Ikrek, utána a Bika csillagképben. A hó elején két órával nyugszik a Nap után és az esti szürkületben még megfigyelhető a nyugati égbolton. 17-én kerül alsó együttállásba a Nappal. 2-án fázisa 0,08, fényessége $-3,8$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 24-ig az Ikrek, utána a Rák csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. A hó első felében a kora esti órákban kel és az esti óráktól kezdve, a hó második felében az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 24-én kerül szembenállásba a Nappal. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Uránusz* 22-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél után nyugszik és az esti órákban látható a délnyugati égbolton. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Skorpió csillagképben. Éjfél után nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
6	20,7	Algol minimumban
13	14	Mars 0,7°-kal északra a Holdtól
14	—	Scorpius-Saggitaridák meteorraj (április 20-tól július 30-ig) gyakorisági maximuma
18	23	Mars 6°-kal délre a Polluxtól
20	07	Uránusz 6°-kal északra a Holdtól
24	07	Neptunusz 6°-kal északra a Holdtól
24	17	Antares 0,8°-kal délre a Holdtól
24	18	Merkur 5°-kal délre a Polluxtól
26	16	Jupiter 2°-kal északra a Holdtól
26	22,4	Algol minimumban
28	17	Merkur 0,3 fokkal északra a Marstól
29	19,2	Algol minimumban

Július

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 13-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben, amely utóbbiban 24-én hátráló mozgást vesz fel. A hó elején másfél, közepén egy órával nyugszik a Nap után. A hó első felében látható megfigyelésre még kedvező helyzetben napnyugta után az esti szürkületben. 10-én legnagyobb keleti kitérésben 26° távolságra a Naptól, 12-én fázisa 0,40, fényessége +0,8 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* 9-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A hó második felében két órával kel a Nap előtt és újra megfigyelhető mint hajnalesillag a keleti égbolton. Legnagyobb fényességét (−4,2 magnitúdó) 24-én éri el. Fázisa ugyanekkor 0,28, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 25-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Napkelte előtt nyugszik és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A hó közepén két, végén három órával kel a Nap előtt és a hó második felében újra megfigyelhető a hajnali szürkületben a keleti égbolton. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél előtt nyugszik és a kora esti órákban még megfigyelhető. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Skorpió csillagképben. Éjfélkor nyugszik és az esti órákban még megfigyelhető a délnyugati égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
8	13	Szaturnusz 5°-kal délre a Holdtól
8	19	Vénusz 8°-kal délre a Holdtól
10	21	Teljes napfogyatkozás, tőlünk nem látható. A teljes fogyatkozás vonala Kamcsatkán, Szibéria Bering-tengerrel határos részén, Észak-Amerika északi részén és az Atlanti-óceán északnyugati részén halad át
12	08	Mars 2°-kal északra a Holdtól
12	22	Merkur 1°-kal északra a Holdtól
17	00,1	Algol minimumban
17	15	Uránusz 6°-kal északra a Holdtól
19	20,9	Algol minimumban
21	13	Neptunusz 6°-kal északra a Holdtól
22	00	Antares 0,7°-kal délre a Holdtól
23	17	Jupiter 2°-kal északra a Holdtól
26	08	Részleges holdfogyatkozás, tőlünk nem látható
29	15	Merkur 6°-kal délre a Marstól

Augusztus

Bolygók

Merkur 17-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez. 3-ig az Oroszlán, 3-tól 28-ig a Rák, utána újból az Oroszlán csillagképben tartózkodik. A hó második felében másfél órával kel a Nap előtt és újból megfigyelésre kedvező helyzetben látható a hajnali szürkületben a keleti égbolton. 7-én kerül alsó együttállásba a Nappal. 25-én legnagyobb nyugati kitérésben 18° távolságra a Naptól. 23-án fázisa 0,33, fényessége +0,5 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez az Ikrek csillagképben. A hó elején három, végén háromnegyed órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcillag látható a keleti égbolton. 27-én legnagyobb nyugati kitérésben 46° távolságra a Naptól. 16-án fázisa 0,44, növekedő, fényessége –4,1 magnitúdó, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* 25-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfélkor nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Éjfélkor kel és a hajnali órákban látható a keleti égbolton. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* 14-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Skorpió csillagképben. Éjfél előtt nyugszik és a kora esti órákban még megfigyelhető a délnyugati égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
3	—	Aquaridák meteorraj (július 25-től szeptember 8-ig) gyakorisági maximuma
5	01	Szaturnusz 5°-kal délre a Holdtól
5	21	Vénusz 7°-kal délre a Holdtól
6	01,8	Algol minimumban
8	22,6	Algol minimumban
11	—	Perseidák meteorraj (július 20-tól augusztus 19-ig) gyakorisági maximuma
11	19,5	Algol minimumban
14	01	Uránusz 6°-kal északra a Holdtól
16	—	Cygnidák meteorraj (augusztus 17-től 23-ig) gyakorisági maximuma
18	—	Cepheidák meteorraj gyakorisági maximuma
17	21	Neptunusz 6°-kal északra a Holdtól
18	08	Antares 0,8°-kal délre a Holdtól
19	23	Jupiter 2°-kal északra a Holdtól
29	00,4	Algol minimumban
31	21,2	Algol minimumban

Szeptember

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 16-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A hó elején másfél, a közepén háromnegyed órával kel a Nap előtt. A hó első felében még megfigyelhető napkelte előtt a keleti égbolton. 19-én felső együttállásban a Nappal. 5-én fázisa 0,83, fényessége — 1,0 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 3-ig az Ikrek, 3-tól 24-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. Négy órával kel a Nap előtt és mint hajnaleszillag látható a keleti égbolton. 15-én fázisa 0,60, növekedő, fényessége — 3,8 magnitúdó, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 20-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 7-én együttállásban a Nappal. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. Az esti órákban nyugszik és a kora esti órákban figyelhető meg a délnyugati égbolton. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Éjfél előtt kel és az éjszaka másik felében látható a keleti égbolton. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Skorpió csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap Óra

1	10	Szaturnusz 5°-kal délre a Holdtól
2	14	Vénusz 9°-kal délre a Polluxtól
4	00	Vénusz 2°-kal délre a Holdtól
5	00	Merkur 1,1°-kal északra a Regulustól
10	12	Uránusz 6°-kal északra a Holdtól
12	—	Piscidák meteorraj (augusztus 16-tól október 8-ig) gyakorisági maximuma
14	05	Neptunusz 6°-kal északra a Holdtól
14	16	Antares 1°-kal délre a Holdtól. Ez alkalommal a Hold elfedi az Antarest.
16	09	Jupiter 2°-kal északra a Holdtól
18	02,1	Algol minimumban
20	22,9	Algol minimumban
23	19,7	Algol minimumban
28	17	Szaturnusz 4°-kal délre a Holdtól

Október

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 14-ig a Szűz, 14-től 29-ig a Mérleg, utána a Skorpió csillagképben. A hó közepén fél, végén háromnegyed órával nyugszik a Nap után. A hó második felében megfigyelése napnyugta után kísérelhető meg a délnyugati égbolton. 25-én fázisa 0,81, fényessége — 0,1 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 24-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A hó elején négy, a végén három és fél órával kel a Nap előtt, és mint hajnalcillag látható a keleti égbolton. 15-én fázisa 0,72, növekedő, fényessége — 3,6 magnitúdó, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. Az esti órákban nyugszik és a kora esti órákban még megfigyelhető a délnyugati égbolton. — *Szaturnusz* 2-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Bika csillagképben. Az esti órákban kel és a késő esti óráktól kezdve figyelhető meg. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 11-én együttállásban a Nappal. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Skorpió csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
3	19	Vénusz 3°-kal északra a Holdtól
4	20	Merkur 2°-kal északra a Spicatól
5	00	Vénusz 0,3°-kal délre a Regulustól
8	03,8	Algol minimumban
8	17	Merkur 5°-kal északra a Holdtól
11	00,6	Algol minimumban
11	14	Neptunusz 5°-kal északra a Holdtól
13	21,4	Algol minimumban
13	22	Jupiter 2°-kal északra a Holdtól
16	18,2	Algol minimumban
19	—	Orionidák meteorraj (október 12-től 29-ig) gyakorisági maximuma
26	00	Szturnusz 4°-kal délre a Holdtól
31	02,3	Algol minimumban
31	13	Mars 0,2°-kal északra az Uránusztól

November

Bolygók

Merkur 16-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 6-ig a Skorpió, 6-tól 23-ig a Kígyótartó, 23-tól 28-ig újból a Skorpió, utána pedig a Mérleg csillagképben tartózkodik. A hó elején egy, közepén fél órával nyugszik a Nap után és a hó elején napnyugta után a délnyugati égbolton még megfigyelhető. 5-én legnagyobb keleti kitérésben 23° távolságra a Naptól. 26-án kerül alsó együttállásba a Nappal. 3-án fázisa 0,68, fényessége 0,0 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 29-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. A hó elején három és fél, végén három órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcsillag látható a délkeleti égbolton. 15-én fázisa 0,81, növekedő, fényessége —3,5 magnitúdó, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 25-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. Két órával kel a Nap előtt és újra megfigyelhető a hajnali szürkületben a délkeleti égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A hó elején három, végén két és fél órával nyugszik a Nap után. Az esti szürkület után még megfigyelhető a délnyugati égbolton. — *Szturnusz* hátráló mozgást végez a Bika csillagképben. Napnyugta után kel és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Skorpió csillagképben.

A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 27-én kerül együttállásba a Nappal.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	23,1	Algol minimumban
3	00	Vénusz 7°-kal északra a Holdtól
4	04	Merkur 4°-kal délre a Neptunustól
4	08	Uránusz 6°-kal északra a Holdtól
4	08	Mars 3°-kal északra a Spicától
4	12	Mars 6°-kal északra a Holdtól
5	20,0	Algol minimumban
7	22	Neptunusz 5°-kal északra a Holdtól
8	05	Merkur 0,5°-kal északra a Holdtól
8	13	Merkur 1,8°-kal északra az Antarestől
10	14	Jupiter 0,9°-kal északra a Holdtól
13	—	Tauridák meteorraj (szeptember 15-től december 15-ig) gyakorisági maximuma
16	—	Leonidák meteorraj (november 14-től 20-ig) gyakorisági maximuma
16	18	Vénusz 1,3°-kal északra az Uránusztól
18	00	Vénusz 4°-kal északra a Spicától
20	04,1	Algol minimumban
22	08	Szaternusz 4°-kal délre a Holdtól
23	00,8	Algol minimumban
25	21,7	Algol minimumban
30	21	Vesta szembenállásban a Nappal

December

Bolygók

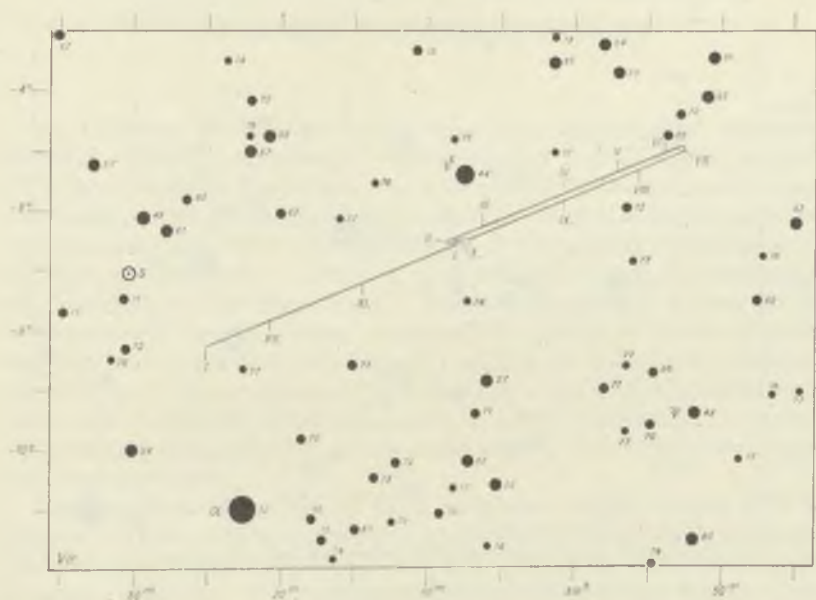
Merkur 5-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez. 9-ig az Oroszlán, 9-től 18-ig a Skorpió, utána a Kígyóirtató csillagképben tartózkodik. E hó elején egy és háromnegyed, közepén másfél, végén egy órával kel a Nap előtt. Az egész hó folyamán megfigyelhető napkelte előtt a délkeleti égbolton. 14-én legnagyobb nyugati kitérésben 21° távolságra a Naptól. 13-án fázisa 0,59, fényessége —0,2 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 20-ig a Mérleg, 20-tól 24-ig a Skorpió, utána a Kígyóirtató csillagképben. A hó elején három, végén két órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcillag látható a délkeleti égbolton. 13-án fázisa 0,88, növekedő, fényessége —3,4 magnitúdó, esökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben.

Három órával kel a Nap előtt és a hajnali órákban figyelhető meg a délkeleti égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A hó elején két órával nyugszik a Nap után és a hó első felében még megfigyelhető az esti szürkületben a délnyugati égbolton. — *Szturnusz* hátráló mozgást végez a Bika csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 9-én kerül szembenállásba a Nappal. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Skorprió csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	17	Uránusz 6°-kal északra a Holdtól
3	07	Vénusz 7°-kal északra a Holdtól
3	07	Mars 5°-kal északra a Holdtól
4	00	Vénusz 1,3°-kal északra a Marstól
4	13	Merkur 7°-kal északra a Holdtól
8	07	Jupiter 0,3°-kal északra a Holdtól
12	—	Geminidák meteorraj (december 6-tól 17-ig) gyakorisági maximuma
13	02,6	Algol minimumban
15	23,4	Algol minimumban
18	07	Merkur 0,2°-kal északra a Neptunusztól
18	20,2	Algol minimumban
19	16	Szturnusz 4°-kal délre a Holdtól
20	07	Uránusz 3°-kal északra a Spicától
20	11	Merkur 6°-kal északra az Antarestől
21	17,1	Algol minimumban
23	15	Vénusz 0,4°-kal délre a Neptunusztól
25	15	Vénusz 6°-kal északra az Antarestől
29	01	Uránusz 6°-kal északra a Holdtól

G. I.



1. ábra. Az Uránusz útja a Szűz csillagképben. A csillagok melletti számok ezek fényességét jelzik tizedmagnitúdóban

**A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEMIA
CSILLAGVIZSGÁLÓ INTÉZETÉNEK MŰKÖDÉSE**

(1970. május 1-től 1971. április 15-ig)

Az 1974-ben leszállításra kerülő Zeiss Jena gyártmányú 1 méteres Ritchey—Chrétien rendszerű tükörteleszkóp befogadására szolgáló 10 méter átmérőjű kupolaépület terveit a KÖZTI IV. irodájából Csonotos Csaba és Dobozi Miklós építészmérnökök, Bürger Nándor sztatikus-tervező, Fröhlich Tibor villamosmérnök és Szabó János gépészmérnök elkészítette. Minthogy a Zeiss-cég nem vállalta a forgórész szállítását, ezt hazánkban kell elkészíttetni. Ennek tervezésénél közreműködik a Bányászati Tervező Intézet aknaszállító osztályáról Vankó Richárd és Tóth Imre gépészmérnök, Huszár Gyuláné és Medek Béla villamosmérnök. A 3. ábrán tereprajzot mutatunk a piszkéstetői obszervatórium kész és készülő objektumairól. A 4. ábrán bemutatjuk a kupolaépület és a hozzacsatlakozó épület külső rajzát, az 5. ábrán ezen épületek hosszmetsetét.

A terepelőkészítés, valamint az új kupolához vezető út még 1971 folyamán elkészül, 1972-re tervezzük az épületek kivitelezését, amelyet a Hevesmegyei Állami Építőipari Vállalat vállalt el. 1973-ra marad a forgótető ráépítése. Az új műszerrel kapcsolatban Balázs Béla csoportvezetőnk sok tárgyalást folytatott a Zeiss-céggel, valamint a hazai tervezőkkel.

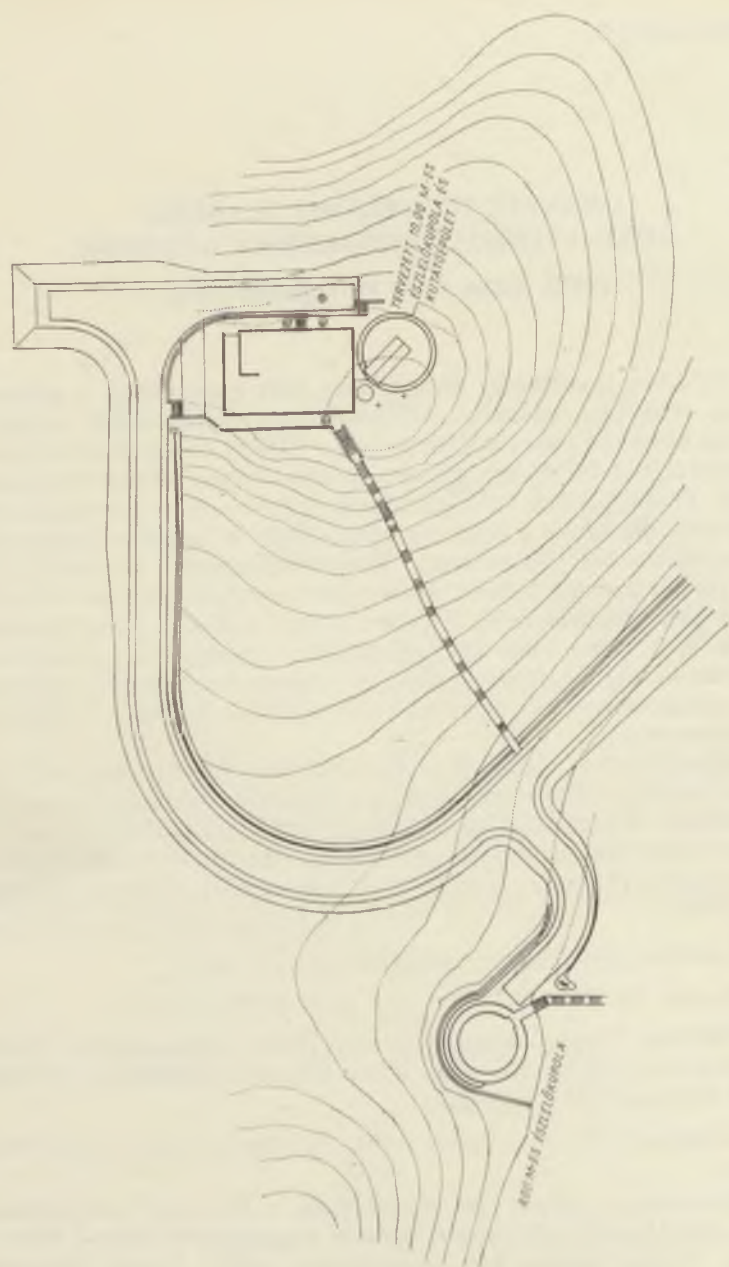
Az Intézet személyzete a beszámolási időszak végén

Igazgató: Dr. Detre László c. egy. tanár, MTA lev. tag.

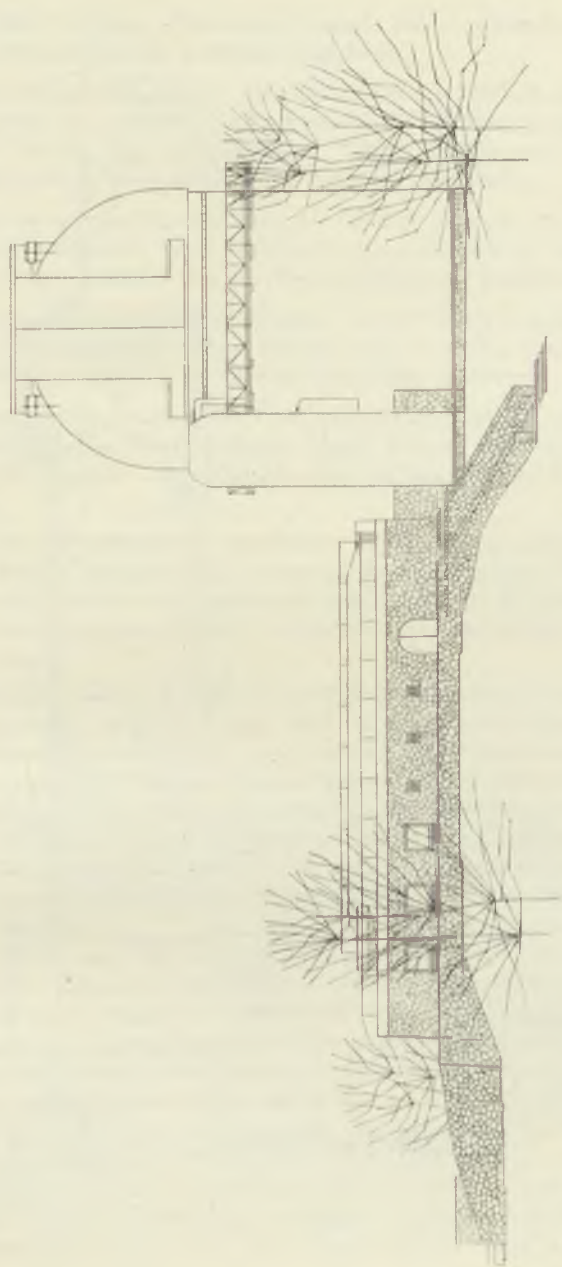
Titkárság: Vargha Domokosné könyvtáros (szabadságon), Palkó Zsuzsanna könyvtáros, Harsányi Klára titkárnő (félállásban), Farádi Andrea titkárnő (1971 áprilistól).

Főmunkatársak: Dr. Balázs Júlia, dr. Csada Imre, a fiz. tud. doktora.

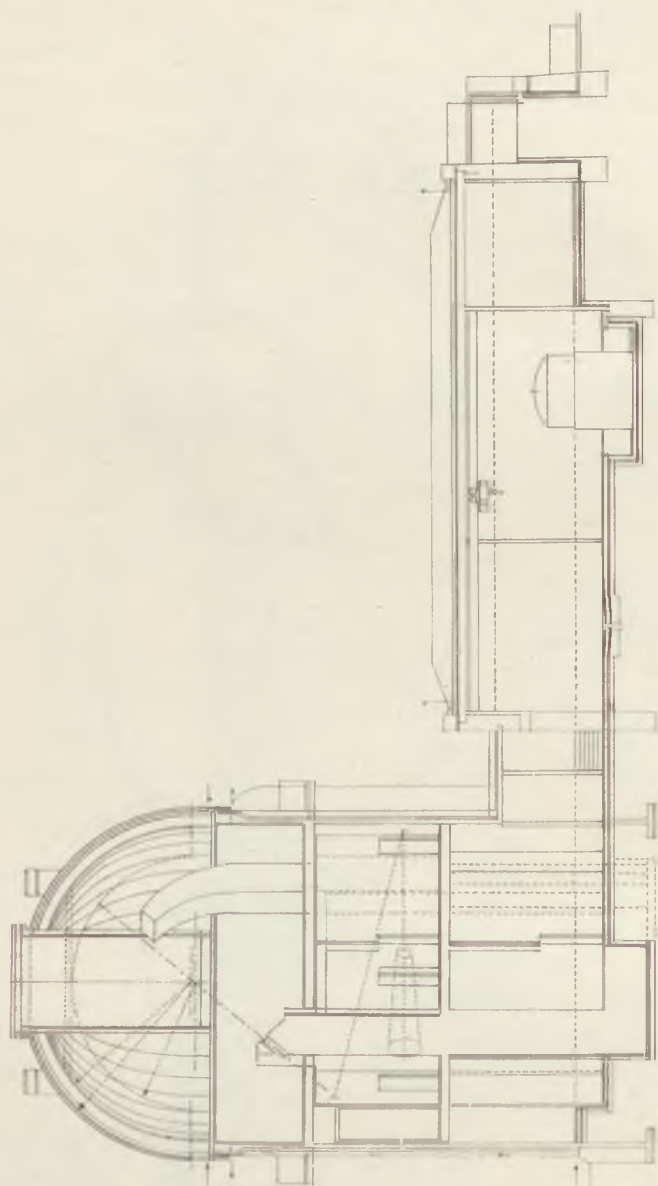
Változócsillag csoport: Dr. Szeidl Béla, a fiz. tud. kandidátusa (1970. novembertől szabadságon kanadai tanulmányút miatt), Barlai Katalin, Kanyó Sándor tud. munkatársak, Büki László, Németh



3. ábra



4. аба



5. ábra

Endre, Oláh Katalin, Fehérvári László (harmadállásban), Vargha László (harmadállásban) kutatási segédezők.

Sztellárstatisztikai csoport: Dr. Balázs Béla, a fiz. tud. kandidátusa, tanszékvezető egy. docens, csoportvezető (félállásban), Balázs Lajos, Jankovics István tud. munkatársak, Lovas Miklós tud. ügyintéző, Kálmán Béláné, Litvay Zsuzsanna kutatási segédezők.

Mesterséges égitestek csoportja: Dr. Ahnár Iván, a fiz. tud. kandidátusa, csoportvezető, Illés Erzsébet tud. munkatárs, Varga Márta, Cárász Kaljopi, Gesztesi Albert (harmadállásban) kutatási segédezők.

Bajai szputnyikmegfigyelő állomás: Dr. Ill Márton, a fiz. tud. kandidátusa, állomásvezető, Nagy Sándor tud. segédmunkatárs, Balogh Sarolta, Johann Katalin, és Erdélyi Tibor kut. segédezők.

Műszaki fejlesztési csoport: Virághalmy Géza fizikus, csoportvezető (félállásban), Erdős Tamás mérnök, Hajós Tamás mérnök (1970. október 1-től 1971. április 1-ig), Kálmán Béla műszerész, ifj. Kálmán Béla műszerész.

Mechanikai műhely és tartozékai: Elter János műszaki vezető, Iváncsik Miklós szakmunkás, Ravasz Pál esztergályos, Tóth Ferenc öntödevezető, Jászberényi Istvánné öntő, Imre Lajos nyomdavezető, Kassai Sándor, Ambrus Sándor, Kalita Jánosné nyomdászok (az utóbbi 7 KM munkán).

Gazdasági részleg: Nasztanovics Ferenc gazdasági vezető, Nyireő Andor pénzügyi csoportvezető, Ágh Anna, Boros Júlia, Hamvas József (bajai állomáson) gazd. ügyintézők, Tibolt Endre adminisztrátor (mint nyugdíjas), Osgyáni László, Szabad József (mátrai állomáson), Leivolf István, Küller Lajos gk. vezetők, Machnitz József gk. szerelő, Iváncsik Miklósné, Kalas Barnabásné, Stork Jenő (mátrai állomás), Gubala Sándor (mátrai állomás), Jakubovics Zoltán (mátrai állomás), T. Kiss Lajos és Tölgyesi Jakab (bajai állomás) karbantartók, Debacher Pál kerti munkás.

Lovas Miklós az IAU brightoni közgyűlésén az Unio tagja lett. Detre László változócsillagszakosztályi hároméves elnöksége lejárt, de továbbra is tagja maradt a Szakosztály Organizing Committee-jének. Ugyancsak őt az Astrophysics and Space Science angol folyóirat szerkesztő bizottsági tagjának, valamint a Società Astronomica Italiana tanácsadó tagjának kérték fel. Tagja lett az 1971. évi bambergi IAU változócsillag-kollokvium szervezési bizottságának is. Paál György az IAU Galaxis-fotometriai Munkacsoport tagja lett.

A megfigyelések szempontjából az 1970. évi időjárás még az 1969.-nél is rosszabb volt. Csak 126 éjjelen lehetett megfigyeléseket végezni, de legtöbbször csak egész rövid ideig. Egész éjjelre kiterjedő tiszta idő

mindössze 38 esetben volt. Ez csak mintegy negyedrésze a sokévi átlagnak, és 15%-kal kevesebb, mint az eddigi legrosszabb évben. A rossz időjárási periódus, fokozódó tendenciával, már 1968 óta egyfolytában tart.

Nemzetközi szempontból az 1970. évi legjelentősebb eredményünk az M101 közeli extragalaxisban július 30-án Lovas Miklós által felfedezett fényes, 11. rendű szupernova volt, minthogy a szupernova nagy fényessége lehetővé tette részletes spektrális, sőt rádiómegfigyelését is. A Nemzetközi Csillagászati Unió brightoni közgyűlésén három szekcióban is szóba került ez a felfedezésünk.

A különböző kutatási csoportok munkáiról a következőket jelenthetem:

1. Változócsillagok

Folytattuk az RR Lyrae-csillagok és a törpe cefeidák, valamint néhány speciálisan érdekes vörös változócsillag vizsgálatát. Szeidl kanadai útja előtt (november) beadta az SZ Lyncis törpe cefeida és az M3 centrumában levő 20 RR Lyrae-csillag vizsgálatáról készített értekezéseit. Ezeket a Mitteilungen sorozatban jelentetjük meg. Barlai befejezte az M15 gömbhalmaz RR Lyrae-csillagainak vizsgálatát. Kanyó beadta az RV UMa többszörös periódusú RR Lyrae-csillagról készített dolgozatát. Igen érdekes eredménye, hogy a főperiódus felszálló ágának egy pontja a 90 napos szekundér periódus folyamán nem mutat semmi fáziseltolódást. Ez egyértelműleg megcáfolja a szekunder periódusnak beat-periódusként való értelmezését. Az Etna-i obszervatóriumban végzett mérésekből Kanyónak sikerült meghatároznia az SZ Hyd szekundérperiódusát és O-C diagramját. Elkezdtük az RR Lyr-ről 1936 óta felgyülemlett hatalmas megfigyelési anyag (Balázs Júlia, Detre, Guman, Szeidl 20 000 fotografikus és kb. 40 000 fotoelektromos megfigyelés) egységes feldolgozását, a csoport kalkulátorainak közreműködésével.

Igen sikeres volt a flare-csillagoknak a bjurakani obszervatóriummal kooperációban végzett kutatása. Ennek keretében Balázs Lajos és Jankovics a bjurakani obszervatóriumban végzett kutatásokat és a bjurakani obszervatóriumból Vardanian több felvételt készített a mátrai Schmidt-teleszkóppal. A Pleiadokban Balázs Lajos és Vardanian a mátrai felvételek alapján 3 új flare-csillagot talált, amelyek közül az egyik 5 fényrendnél nagyobb kitörést mutatott. Ennek különös jelentőséget kölcsönzött Parsamian bjurakani csillagász nő szimultán színképfelvétele az ottani 1 m-es objektívprizmával. Az eredményről Balázs Lajos, Parsamian és Vardanian közös jelentésben számolnak be a bjurakani obszervatórium kiadványaiban. Jankovics Bjurakanban az NGC 7023 halmaz vidékéről készült felvételeken 2 új flare-csillagot fedezett fel.

1970-ben megjelentettük az *Information Bulletin on Variable Stars* 412-502 számait (szerkesztők: Detre és Szeidl). Alulírott az IAU brightoni közgyűlése előterjesztette az 1967–1969. évi változócsillag-kutatások szinopsziséát (*Reports on Astronomy*, pp. 259–285).

2. Sztellárstatisztika

A mátrai Schmidt-teleszkóppal nyert felvételeken a már említett fényes szupernován kívül Lovas november 26-án a Leo galaxis-halmaz egyik kb. 17 fényrendű galaxisában egy 16,5 rendű szupernovát fedezett fel.

Balázs Bélának a Kitt Peak (USA) obszervatóriumában mért fotoelektromos sorozatai felhasználásával a Schmidt-távcsővel készült felvételekről nagyrészt elvégeztük az NGC 2244, NGC 2236, Collinder 102, King 12, King 21 nyílthalmazok UBV fotometriáját (Balázs L., Jankovics). Emellett feldolgozás alatt van az NGC 366 és IC 1396 halmaz is (Balázs L.). Több héten át dolgozott a Schmidt-teleszkóppal Anneliese Schnell bécsi csillagásznő, aki több nyílthalmazról készített felvételeket.

Balázs Lajos az 5°-os prizma felhasználásával spektrum-felvételeket készített a W 49 és W 75 rádiókódók területéről, ahonnan erős molekuláris rádiósugárzás észlelhető.

1970 folyamán összesen 527 felvétel készült a Schmidt-teleszkóppal. Ebből márc. 28 és máj. 15 között 25 felvétel készült a Max Planck-intézet (München) felkérésére a Bennett-üstökösről (Balázs L., Lovas) a csóva-struktúra és a napszél közötti összefüggés tanulmányozására. A felvételeket feldolgozásra elküldtük Münchenbe.

Nemzetközi szempontból igen öröndetes, hogy Csoportvezető átvette a „Catalogue of Clusters and Associations” c. IAU kiadvány szerkesztését és ennek további Supplementjeinek kiadását. A 3200 oldalas 2. kiadás, mely a csillaghalmazok és asszociációk teljes bibliográfiáját tartalmazza, igen kedvező nemzetközi visszhangot váltott ki, ami különösen az IAU brightoni kongresszusának megfelelő szekciói ülésein volt tapasztalható.

3. Mesterséges égitestek

1970 folyamán Budapesten 139, Baján — ahová a megfigyelési munkát koncentráljuk — 1131 átvonulást figyeltek meg. Baján a Szovjetunióból ajándékként érkezett AFU kamerát bejusztirozták (Ill M., Nagy S.) és megkezdték vele a rendszeres fotográfiai megfigyeléseket. Annak érdekében, hogy a kamera által igényelt előrejelzésekkel való ellátottság zavartalan legyen, megfelelő számológépprogramot dolgoztunk ki (Illés). A csoport javaslatot tett a geomágneses viharok idején fellépő sűrűségfluktuációk összenergiájának mérésére és egy köny-

nyen meghatározható „ekvivalens időtartam” bevezetésére a különböző magasságokban jelentkező effektus mértékéül. A szükséges számológépprogramot kidolgoztuk (Illés). A milánói és budapesti csillagvizsgálók együttműködve vizsgálják az ún. BOCCACCIO pályaelem-számító program pontosságát.

Ill behatóan foglalkozott a 200–400 km-es magasságban kimutatható nem-periodikus sűrűségváltozásokkal és érdekes eredményeket kapott a légkör-modellektől való eltérésekre. Francia kutatókkal együtt különösen részletesen vizsgálta a 27 napos periódus korrekcióját. Igen érdekes azon észrevétel, hogy a naptevékenység indikálására a deciméteres rádiósugárzás nem mindig megfelelő. Az Interkozmosz szekció keretében elfogadott munkaterv megvalósítása céljából Ill megkezdte a légkör rotációjának vizsgálatát.

Ill és Nagy Sándor megkezdtek a mesterséges égitestek rotációs periódusa változásainak vizsgálatát.

4. Elméleti munkák

Barcza különböző határfeltételek mellett vizsgálta a hidrogén Schrödinger egyenletének megoldásait. A megoldásoknak fontos asztrofizikai alkalmazásuk van a csillagatmoszférák tulajdonságaira és a stelláris abszorpciós koefficiensre. Így pl. a sokat használt Inglis-Teller formula is jelentős módosításra szorul. A Balmer-series nagy kvantumszámú vonalaira kapott hullámhosszak a β CMa és η UMa spektrumában eddig nem identifikaált vonalakkal való egyezést mutatnak.

Csada magnetohidrodinamikai dinamo elméletének keretében pontos levezetést és elemzést adott a pozitív visszatáplálásra. Sikerült olyan megoldást találnia, melyben a tér fennmaradása és erősödése az ohmikus disszipációval szemben a kinetikus (konvekciós) energia rovására biztosítva van. Eredményeiről beszámolt az IAU 43. szimpoziúmán.

Detre foglalkozott a napciklushoz hasonló jelenségek felismerhetőségével különböző típusú csillagokban. Eddigi eredményeiről előadást tartott a turkui egyetemen.

Paál folytatta kozmológiai vizsgálatait és azokról előadást tartott a bjurakani, varsói és krakkói obszervatóriumok kollokviumán.

Az Intézet személyzetének 1970. évben megjelent tudományos publikációi

1. Almár: Analysis of the Atmospheric Drag of the Echo-1 Satellite Using the PERLO Orbital Determination Program. Dynamics of Satellites, 1969., Springer 1970. (T.: Horváth, Illés).
2. Csada: A Magnetohydrodynamic Model for the Solar Cycle. 5th Cons. on Solar Phys. Potsdam.

3. Csada: The Theory of Correlation-Functions of the Velocity and Magnetic Field in the Solar Atmosphere. Soln. Dann. 1970. No. 6.
4. Balázs B.: A csillagászat elemei. Egyetemi jegyzet. (T.: Marik).
5. Balázs B.: Bolygóléggörök. MTA III. oszt. Közleményei, 1970.
6. Balázs B.: Catalogue of Star Clusters and Assotiations. II. kiad. 3200 oldal. Akad. Kiad. (T.: Alter, Ruprecht, Vanysek).
7. Balázs L.: New Flares in Pleiades. Inf. Bull. Var. Stars No. 493. (T.: Vardanian).
8. Barcza: Quantum-mechanical celluar methods for investigating the behaviour of materials under pressure. Aph. Sp. Sc. 8. 102.
9. Barcza: A főágmenti csillagok. Fiz. Szle. 1970/6.
10. Detre: Periodenänderungen bei Bedeckungs- und Pulsations-Veränderlichen. Annalen d. Univ.-Sternw. Wien, 29, Nr. 2., S. 79—92.
11. Detre: Report on Variable Stars 1968—70. Trans. of the IAU Vol. XIVa pp. 259—285 (T.: R. Kippenhahn).
12. Ill: A remark on the semiannual variation. Space Research 9. (T.: F. Barlier, P. Kohler).
13. Ill: Evaluation of shortperiodical atmospheric density variations from quasisimultaneous visual observations of artificial satellites. Bull. Stanc. Opt. Nabl. 53/1. pp. 9—23.
14. Ill: Evaluation of the crossing time of a given celestial circle by an artificial satellite. Bull. Stanc. Opt. Nabl. 53/1. pp. 23—27.
15. Ill—Almár: A felsőléggör sűrűségének meghatározása az űrkutatás eszközeivel. Fiz. Szle. 1970. 2—3. sz.
16. Kanyó: The secondary period of the RRab star SZ Hydrae. IAU Inf. Bull. Var. Stars. No. 490.
17. Lovas: Supernova in M101. IAU Circ. No. 2269.
18. Lovas: Supernova in Anonymous Galaxy. IAU Circ. No. 2290.
19. Paál: Redshifts and quasars. Sc. Journal, 1970. p. 101.

Az Intézet kutatói 1970 folyamán a következő előadásokat tartották külföldön

1. Almár: Új módszerek a felsőléggöri változások analízisére. (Olaszul) Milanói obszervatóriumban.
2. Almár: On Equivalent Duration to Characterize Atmospheric Disturbances Connected with Geomagnetic Storms. Lenin-grad, COSPAR Konf. 4. munkacsoport.

3. Almár—Illés: Über die Dichteänderungen in der Atmosphäre zur Zeit eines geomagnetischen Sturmes. Interkozmosz konf. Bukarest.
4. Balázs B.: Korreferátum az IAU 37. kommissziójában. Brighton.
- 5—6. Balázs B.: On a New Edition of the Catalogue of Star Clusters and Associations. Potsdam-i és Tautenburg-i kollokviumon.
7. Csada: A Dynamo Model for Large Scale Fields. IAU Symp. 43. Paris.
8. Detre: Elnöki beszámoló az IAU brightoni közgyűlésén a 27. Kommissio ülésén (angolul).
9. Detre—Lovas: Beszámoló a hazai szupernova-kutatásról az IAU brightoni közgyűlésén a Szupernova albizottságban (angolul).
- 10—11. Detre: A magyarországi változócsillag-kutatásokról. Helsinki, Astronomical Observatory kollokviumán (angolul) és a Turku-i egyetemen (németül).
- 12—13. Detre: Pulzárak és szupernovák. Helsinki, Egyetem (angolul) és Finn Tudományos Társaság, Turku (németül).
14. Detre: A napciklushoz hasonló jelenségek csillagokban. Turku, Egyetemi Csillagászati Intézet kollokviumán (németül).
15. Ill: Variations of Density in the Upper Atmosphere Correlated with the Instantaneous Solar Flux during 1967—9. COSPAR konf. Leningrad.
16. Ill: Bemerkungen über den Zusammenhang zwischen Dezimeterwellenstrahlung und Luftdichteänderungen. Interkozmosz konf. Bukarest.
17. Nagy S.: A rotáló henger alakú mesterséges holdak látszólagos periódusváltozása. (Oroszul) Interkozmosz konf. Bukarest.
- 18—20. Paál: Kozmológiai vizsgálatokról előadás a varsói, krakkói és bjurakani obszervatóriumok szemináriumán (oroszul).

Az Intézet kollokviumán Prof. J. Meurers, a bécsi csillagda igazgatója, dr. Anneliese Schnell, a bécsi és dr. Vardanian, a bjurakani csillagvizsgáló kutatója adott elő.

Budapest, 1970. április

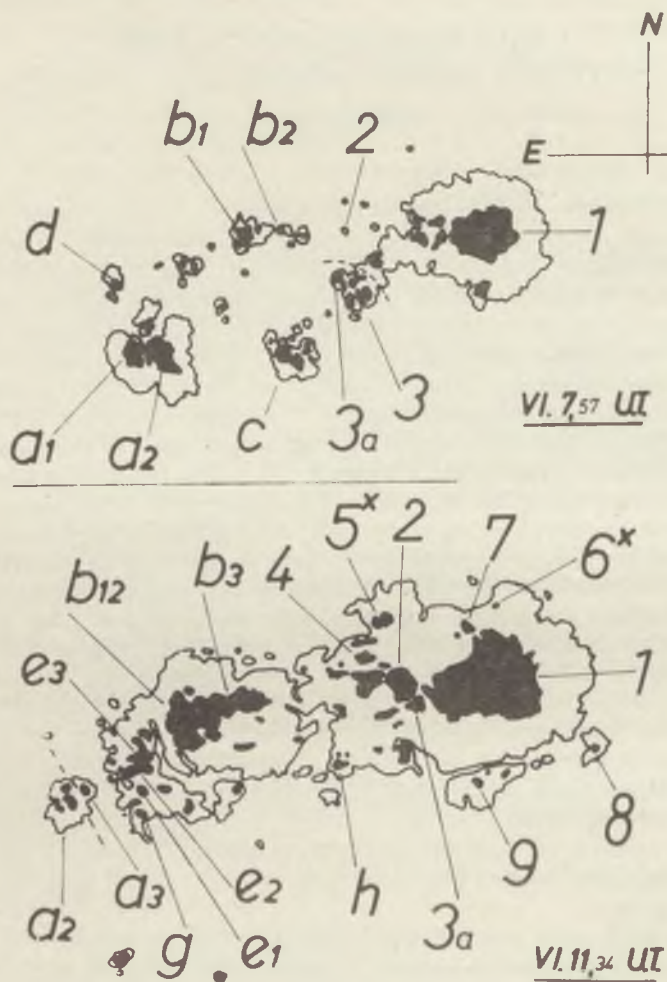
A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
NAPFIZIKAI OBSZERVATÓRIUMÁNAK MŰKÖDÉSE

1968—1970

Az Observatórium a naptevékenységre vonatkozó vizsgálatokkal foglalkozik. A napfotoszféra jelenségeinek folyamatos fotografikus észlelése mellett, kutató munkáját régebben főleg idegen megfigyelési anyagokra alapozott napfolt problémák statisztikai jellegű tanulmányozása kötötte le. Újabban elsősorban a Debrecenben végzett észlelések mérési adatainak felhasználásával folytatta az Observatórium kutatásait, egyre fokozottabb mértékben kapcsolódva be különféle nemzetközi tudományos szervezetek által koordinált közös munkákba.

Az Observatórium tudományos programja általában a naptevékenységet kialakító szoláris aktív vidékek fotoszféra rétegére, különösen a napfoltcsoportok kifejlődésének, a foltcsoportokon belüli gyors változásoknak az észlelésére összpontosult. Az érdekesebb napfoltcsoportok főbb umbra-részeinek relatív mozgásait és ezekkel kapcsolatban az umbra területek növekedéseit és csökkenéseit, umbrák összeolvadását és osztódását vizsgáltuk. Legjelentősebb eredményünk talán az volt, hogy sikerült kimutatni igen nagynak tekinthető sebességeket is, a mozgásokban hirtelen bekövetkező irányváltozásokat, és találtunk olyan eseteket, ahol a rövid idő alatt lejátszódó jelentős területnövekedést vitathatatlanul több kis terület egymásbamozgása hozta létre. Az umbra-mágnesek mozgásának tanulmányozása rendkívül fontos, mivel mai ismereteink szerint a legerősebb mágneses terek a Napon éppen az umbrákban vannak és a Nap — átmenetileg — óriási mértékben hirtelen felfokozódó lokális kisugárzásai, melyek ma még előre nem jelezhetők, minden bizonnyal ezen mágneses terekkel állnak szoros kapcsolatban.

A szoláris aktív vidékeken a fotoszférában és a kromoszféra alsóbb részében végbemenő mozgások törvényszerűségeit ma még kevésbé ismerjük, különösen keveset tudunk az umbrák sajátmozgását illetőleg és ezzel a kérdéssel külföldön behatóan sehol sem foglalkoznak. Ennek oka nyilván az, hogy a mozgások általában és leggyakrabban kis sebességgel történnek (zömben 0,1 km/sec-nál lassabban) és ezért nehezen



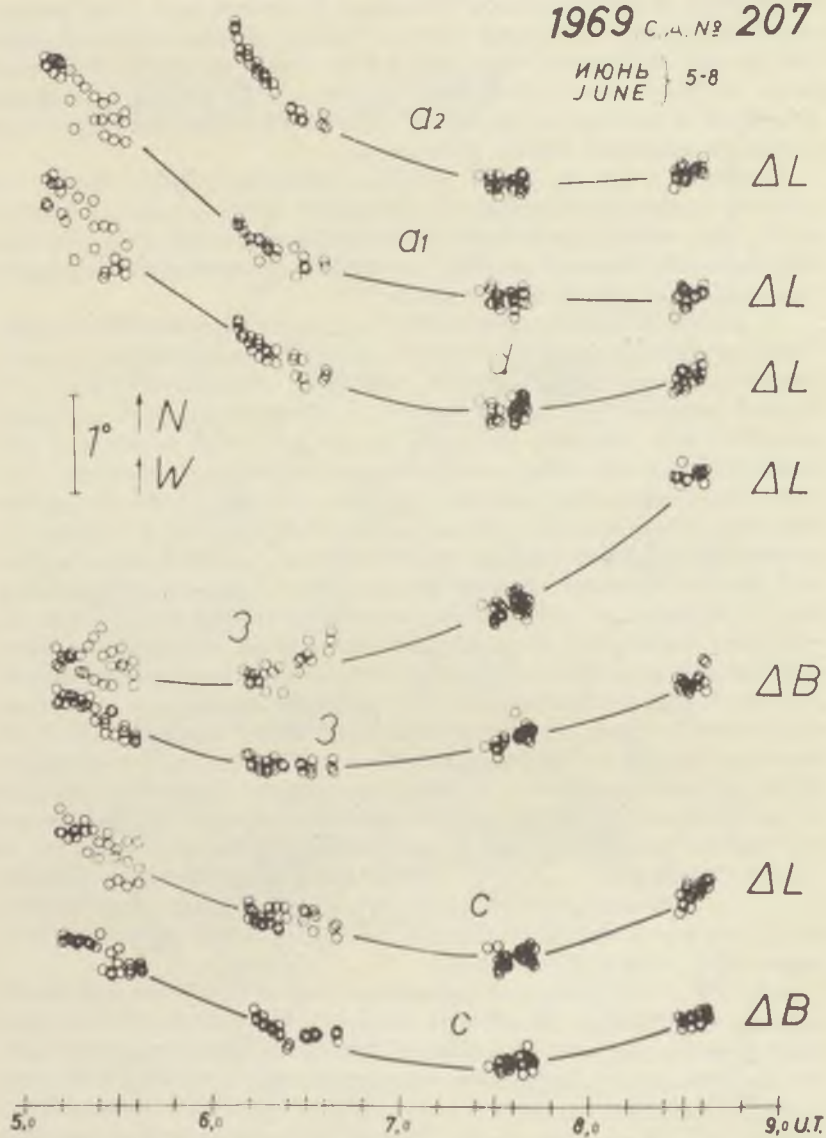
6. ábra. Gyors fejlődésű, nagy napfoltcsoport 1969 június 7- és 11-én. A megjelölt umbrák sajátmozgását sikerült hosszabb időn át követni és mérni

észlelhetők. Emellett idevágó érdemleges kutatások csak mind térben, mind időben nagy felbontást biztosító hosszú észlelési sorozatok alapján és igen sok munka árán végezhetők. Tehát szükséges előfeltétel, hogy az észleléseknél kielégítően részletdús és jó minőségű leképzést érhessünk el; más szóval, az észlelő távcső a célra alkalmas legyen és az észlelések megfelelő módon történjenek.

Mindezek miatt az újabb időkben, különösen 1969–70-ben, az Observatórium elsődlegesen azt igyekezett elérni és azon munkálkodott, hogy észlelés-technikáját továbbfejlessze, valamint a jövőben, éspedig minél hamarabb észlelési kapacitását és lehetőségeit lényegesen megnövelhesse, illetve kiterjeszthesse.

Az umbra-mozgások vizsgálatára vonatkozó kutatásainkból példaként bemutatjuk az 1969. június 5–13 között észlelt néhány napfoltcsoporttal kapcsolatban végzett méréseink eredményeit. Már a 6. ábráról látható, hogy milyen nagyfokú változások és gyors mozgások mentek végbe négy nap leforgása alatt. Ugyanezen napokon a foltcsoportban jelentős mágneses térerősségváltozások is történtek, mágneses észleléseket végző obszervatóriumok mérései szerint. (Ezt a foltcsoportot is egy multilaterális egyezmény keretében több külföldi obszervatóriummal egyidejűleg észleltük távirati előrejelzések alapján.) A 7. ábra a foltcsoport legnagyobb területű és mágnességű főumbrájához (1) viszonyított heliografikus koordináta-változásokat tünteti fel. Az egyedi észleléseket ábrázoló körök egyrészt jól mutatják a mérések pontosságát, másrészt a behúzott görbék menetéből a sebességek és ezek változásai már jól leolvashatók. Így például a legnagyobb sebességet, 0,43 km/sec-ot az a_2 umbra mutatja június 6-án 7 óra körül. Ez, 5 óra alatt 0,25 km/sec-ra csökkent, miközben az a_2 umbra a Nap egyenlítőjével párhuzamosan keleti (E) irányban mozgott. Ugyanezen idő alatt a 3-as umbra ellentétes irányú (W) sebessége legalább 0,1 km/sec-mal növekedett meg. A 7. ábrán az ordináták heliografikus hosszúság- és szélességkülönbségek (ΔL , ill. ΔB), az abszcisszáról pedig a világidőben (UT) megadott észlelési időpontok olvashatók le. Egyébként a 6–9. ábrákon a dátumok délkörüli időpontot, vagy általában tizednapra kiírt világidőt jelentenek.

A 8. és 9. ábrán három már igen erősen visszafejlődött napfoltcsoport egy-egy képét látjuk. Mindhárom esetben a foltcsoport már jóformán csak egyetlen nagyobb penumbrával körülvett néhány umbrából állt. Az ábrákról minden különösebb magyarázat nélkül leolvashatók, hogy a közös penumbrában levő egy-egy nagyobb umbrapár egymás körül milyen rotációs mozgást végzett. Távolsági kisebb umbrák is mutattak jelentős forgást a nagy umbra körül. Ilyenféle forgásokról elvétele találhatunk már régebbiről is irodalmi adatokat, de azt, hogy a rotáció iránya meg is fordulhat, tudomásunk szerint mi vettük észre először

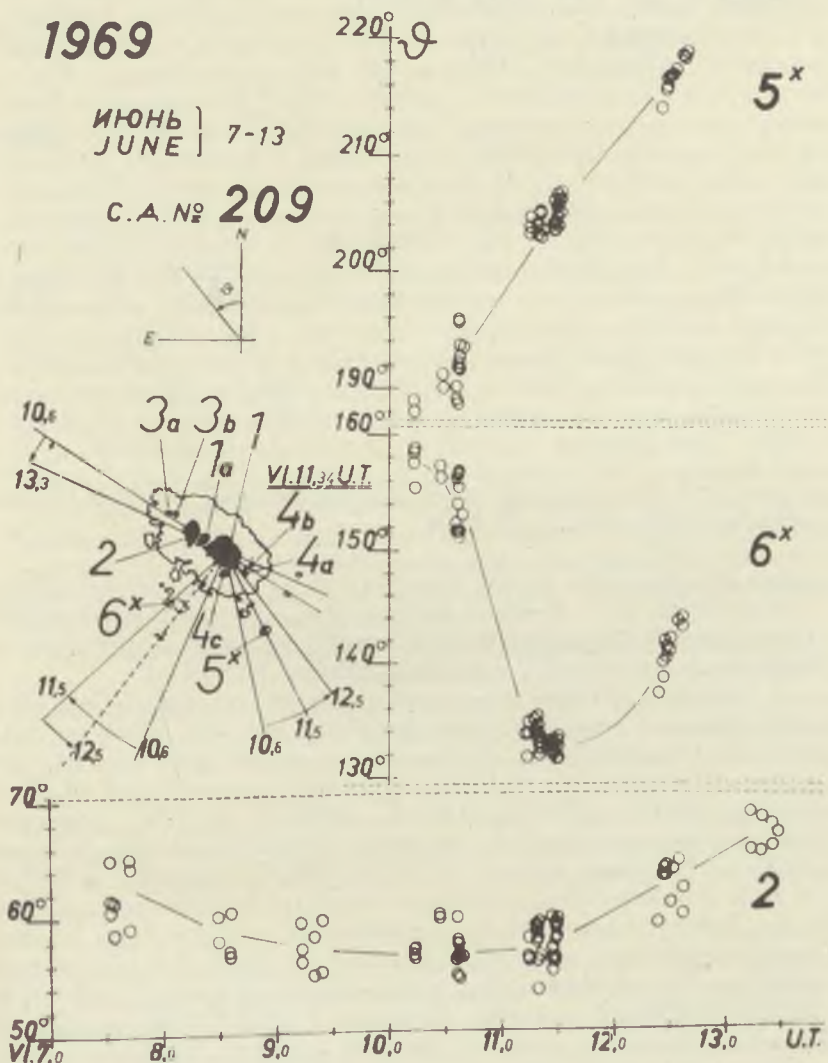
ИЮНЬ } 5-8
JUNE }

7. ábra. Napfolt-umbrák mozgásai, 1969. június 5 – 9 között. (Az a_2 , a_1 , d , 3 és c görbék a 6. ábrán is megtalálható umbrákra vonatkoznak.)

1969

ИЮНЬ }
JUNE } 7-13

С.А. № 209



8. ábra. Három kisebb umbra forgó mozgása a „f8” umbra körül, egy 1969. június 7 – 13 között észlelt kiöregedett napfoltcsoportban

1969. C. D. № 202 & 204

ИЮНЬ } 5-10
JUNE }

VI. 6.5 UT



9. ábra. A 3. ábrán bemutatott forgásokhoz hasonló esetek, másik két öreg foltcsoportban, 1969. július 5–10 között

éppen a 8. ábra alján és jobb felén ábrázolt egyedi észleléseket feltüntető körökből. (A 6–9. ábrák az Observatórium munkatársainak két idegen nyelvű dolgozatából valók. A foltcsoportok megjelölésére a Szolnecsnyü Dannüie folyóirat sorszámozását használtuk.)

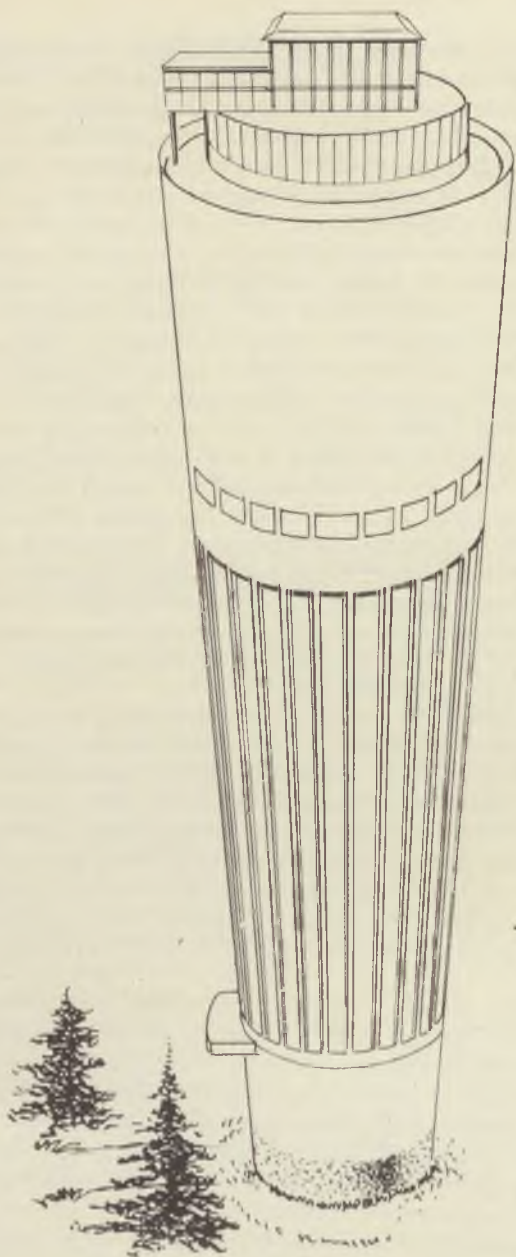
A példaként röviden ismertetett méréseket a „szoláris mágneses terek gyors változása” program keretében végeztük, amelyben már évek óta közreműködünk. Tudományos munkánk java része más esetekben is kapcsolódik különböző nemzetközi egyezmények, ill. szervezetek (KAPG, INTERKOZMOSZ, COSPAR, IUCSTP) kooperatív észleléseihez és kutatásaihoz. Így egyebek mellett a napfizikai mérések céljából felbocsátott két első INTERKOZMOSZ szputnyik (a 3-1K-1 és 3-1K-2) méréseivel egyidejűleg is végeztünk fotoszféra észleléseket.

Az Observatórium dolgozói az 1968–70. évek folyamán előadástartás, konzultáció és egyéb tanulmányi célokból több ízben jártak külföldön. Így az Observatórium vezetője (Dezső Loránt) részt vett az INTERKOZMOSZ szervezet Kozmikus Fizikai Munkacsoportjának moszkvai, berlini és wrocławai, évenként csedékes munkaértekezletén, valamint Prágában a 3-1K-1 észleléseit kiértékelő konferencián (1970. március), továbbá az INTERKOZMOSZ-KAPG STP-szimpoziumán a Krími Asztrofizikai Observatóriumban, 1968 októberében. Ugyanez évben az akkor KAPG keretben megrendezett V. Héliofizikai Konzultáción Potsdamban Guman István tudományos munkatárs képviselte

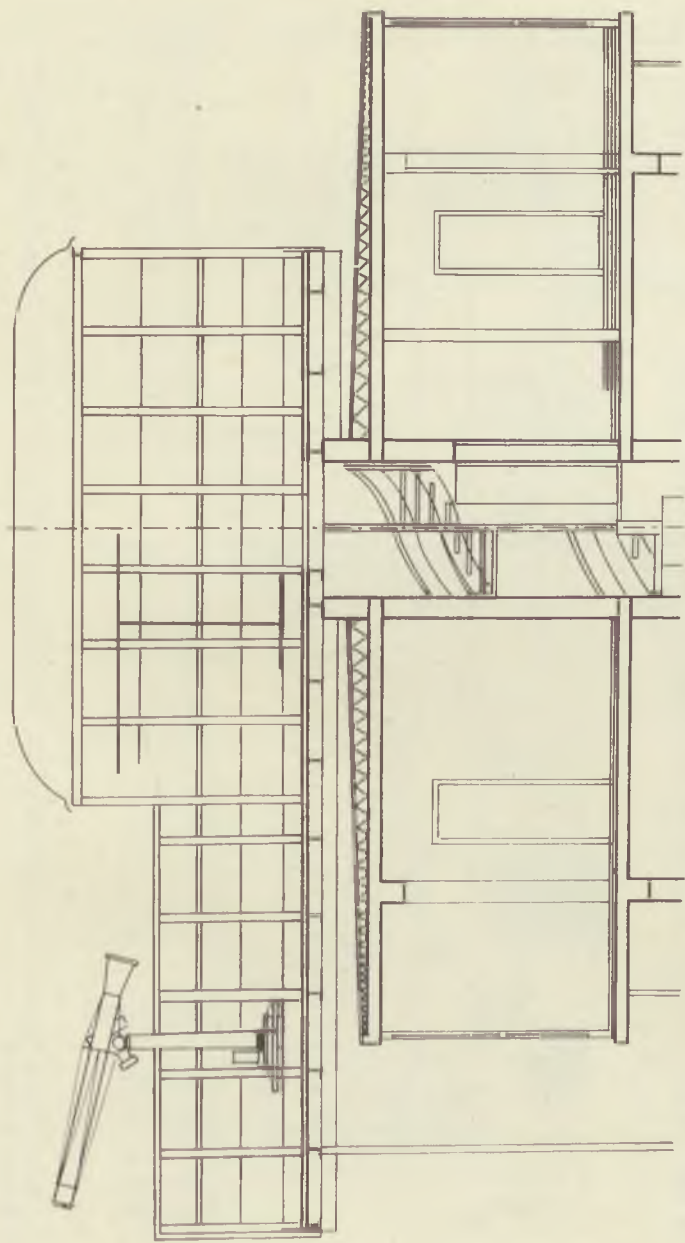
az Observatóriumot. Kovács Ágnes tudományos munkatárs IAU-UNESCO ösztöndíjjal részt vett a Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) által szervezett kéthónapos csillagászati nyári iskolán Firenzében, az Arcetri Observatóriumban (1968. augusztus – szeptember) és alkalma nyílt meglátogatni a Bologna melletti rádiócsillagászati és a Capri szigeten levő német és svéd napfizikai observatóriumokat. Az Observatórium vezetőjének a kiküldetése az ENSZ által rendezett bécsi űrkutatási konferenciára lehetőséget adott arra is, hogy két napra meglátogassa a grazi egyetem napfizikai megfigyelő állomását Kanzelhöhen. Az INTER-UNION COMMISSION ON SOLAR-TERRESTRIAL PHYSICS (IUCSTP) londoni (1969. január) és leningrádi (1970. május) tudományos ülészakán az Observatórium vezetője vett részt és angliai útja során felkereste a greenwichi csillagvizsgáló napfizikai részlegét; 1968 júniusában pedig Kiszlovodszkba utazott, hogy a Szovjet Tudományos Akadémia magaslati napfizikai observatóriumában megismerkedjék az új típusú nagy szovjet koronagráffal és annak felállításával. A „szoláris mágneses terek gyors változásai” program 1967., 1968. és 1969. évi kooperatív észleléseinek kiértékelésére 1970 májusára összehívott ülészakon az Observatóriumból az igazgatóval együtt négyen vettek részt a pulkovoji csillagdában (Gyertyános Gyöngyi tudományos segédmunkatárs, Kálmán Béla tudományos ösztöndíjas gyakornok és Kovács Ágnes), míg az IAU brightoni XIV. kongresszusán ketten (Gerlei Ottó tudományos munkatárs).

Az Observatóriumot 1968 – 70 között négy külföldi csillagász látogatta meg rövid időre: V. Ambarcumjan (1968. április), továbbá az ondrejovi observatóriumból M. Kopeckzy (1969. július) és V. Letfus (1969. augusztus), valamint az istanbuli Kandilli Observatóriumból E. Soytürk (1970. december). Más observatóriumokból szintén szívesen jöttek volna hozzánk napfizikusok hosszabb időre is, de ilyen irányú kezdeményezéseket az Observatórium igen szűkös elhelyezése miatt kénytelenek voltunk elhárítani. Ezen az áldatlan állapoton segítenek majd az Observatórium folyamatban levő fejlesztésével kapcsolatos építkezések.

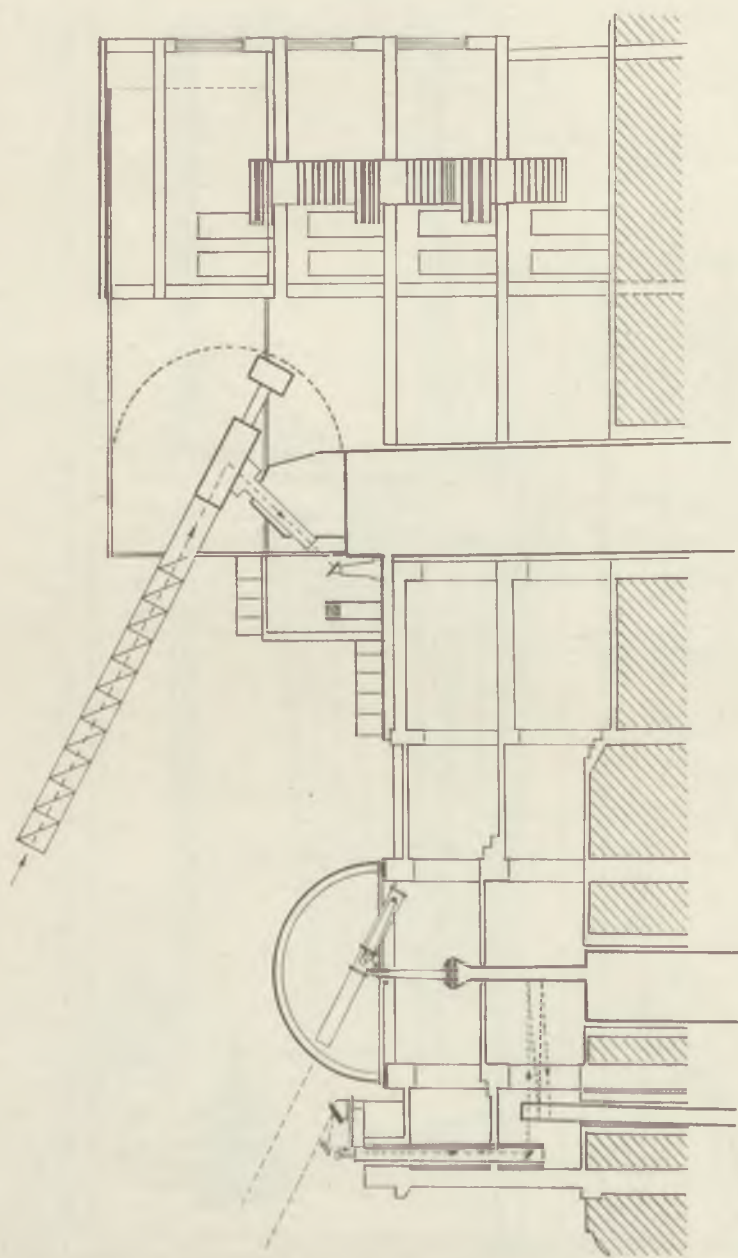
Szerencsés véletlen folytán lehetőség nyílt arra, hogy a legkisebb ekvatoriális szerelésű észlelő távcsövünket, a 6''-es fotohéliográfot, amelyet a már említett szempontok szerint 1969 – 70-ben teljesen átalakítottunk, 1972-ben 43 méter magasságban helyezzük el, Gyulán, ahol a víztorony különleges kiképzése miatt nagyon alkalmas egy állandó jellegű külső megfigyelő állomás céljaira. A gyulai víztorony eredeti legfelső szintjét, valamint a közvetlen alatta elterülő szint egy részét (amelyeknek alapterülete összesen mintegy 100 m²), a gyulai vízművek rendelkezésiinkre bocsátotta. A víztartály fölött fekvő ezen két szint szükséges felhajtás jellegű átalakításának, valamint a foto-



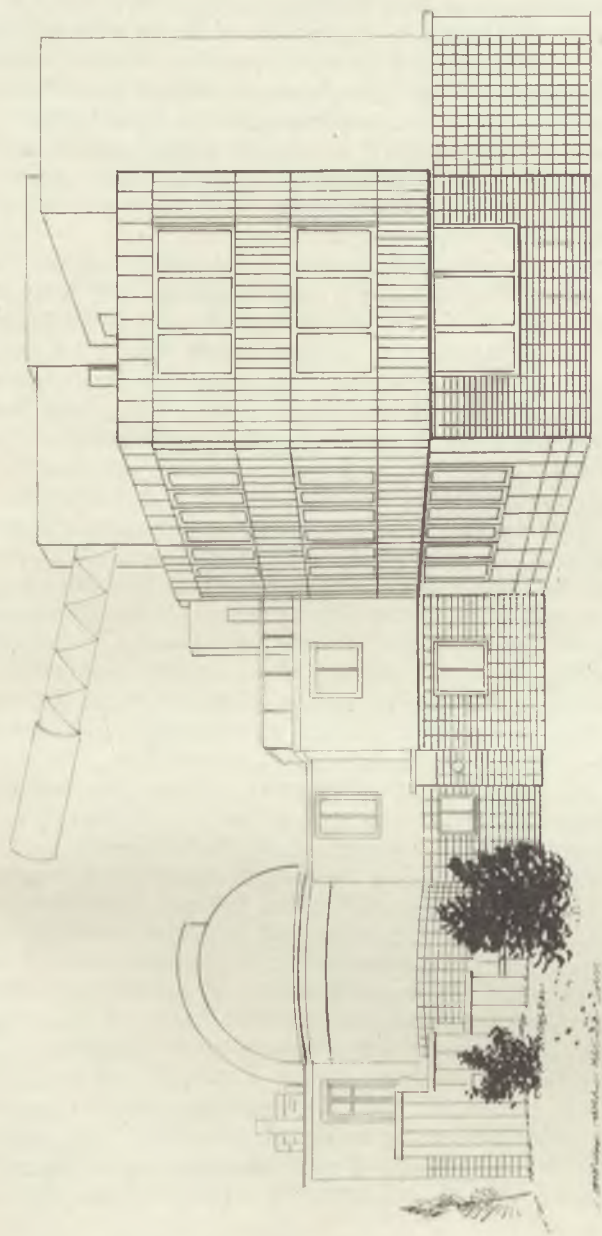
10. ábra. A debreceni MTA Napfizikai Obszervatórium Gyulai Megfigyelő Állomásának elhelyezési terve a gyulai viztorony víztárolója felett



11. ábra. Vázlatos észak-dél keresztmetszete a 10. ábrán bemutatott Gyulai Megfigyelő Állomásnak. (Látható a déli észlelő erkélyre kötött távcső és felülmúlva a távcső elhelyezése – ha nincs észlelés – a műszervédő felépítmény helyiségben)



12. ábra. Vázlatos dél-észak keresztmetszete a 13. ábrán bemutatott három észlelő műszer befogadására tervezett obszervatóriumi épületnek



13. ábra. Az MT A Napfizikai Observatóriuma debreceni épületének vázlata az 1972 – 73-as építkezés befejezése után
(keletről nézve)

héliográf felállításához az új teraszos felépítménynek a tervét Vizvárdy István építészmérnök készítette el, Szathmáry István közreműködésével akik annak idején a víztorony megtervezésében is részt vettek.

A Gyulai Megfigyelő Állomás létesítésével egyrészt megnövelhetjük az effektív észlelési időszakokat, másrészt, de nem másodsorban jelentősen megjavíthatjuk az észlelések minőségét. Ugyanis az utóbbi évek kísérletei bebizonyították, hogy a légkör felszálló légáramlásai által okozott képrontó hatást nagymértékben csökkenthetjük, ha a távcsövet magasan a talaj fölé emeljük.

A gyulai kihelyezett részleg különösen sürgős felállítását az Observatóriumnak az INTERKOZMOSZ-programokban való fokozottabb közreműködése igényelte. Az Observatórium komolyabb fejlesztése is részben ezért kezdődhetett meg 1969. második felében. Ugyanis a Magyar Tudományos Akadémia és az Űrkutatási Bizottság már akkor lehetővé tette, hogy a Szovjetunió Tudományos Akadémiája illetékes szerveinek engedélye és jóváhagyása alapján megrendeljük a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának kutató intézeteiben tervezett 53 cm nyílású Coudé-rendszerű nagy-koronagráfot és a hozzátartozó 8 m fókuszú nagy spektrográfot. Ennek a speciális műszernek a prototípusát a Kaukázusban, a kiszlovodszki observatóriumban állították fel 1966 végén. Az INTERKOZMOSZ szervezet egyik hivatalos javaslata is szorgalmazta egy ilyen műszer Debrecenben történő üzembehelyezését, mert ily módon lehetőség lesz arra, hogy szovjet kutató intézetekkel együttműködve a mesterséges holdakon végzett napfizikai mérésekkel egyidejűleg, gyakorlatilag azonos műszerrel és módszerrel naponta több, mint 12 órán át is nyomon követhessük a Nap fotoszféra feletti rétegeiben végbemenő mozgásokat. Ugyanis ilyen műszerrel dolgoznak már nemcsak a Kaukázusban, hanem Alma Ata mellett és a Bajkál tó közelében is és tervezik még további két-három felállítását.

Az Observatórium régóta esedékes épületbővítésének tervét úgy alakítottuk ki, hogy az egyben a koronagráf elhelyezését is megoldja. A debreceni Hajdú-Bihar Megyei Tanácsai Tervező Vállalat készítette el az építkezés kiviteli terveit (a tervező építészek Dezső György és Legány Péter voltak). Az Observatórium régi épülete az északi irányú hozzáépítéssel mintegy négyszeresére bővül. A koronagráf észlelő- és spektrográf-helyisége az új második emeleti szintre kerül. A koronagráf-objektívet tartó 13 méteres rácsrendszer egy része állandóan a szabadban lesz, míg a távcső tengelyrendszerét a második emeleten síneken északra eltolható műszerház védi. A koronagráf-objektív észleléskor csak a valódi dél idején mozog majd aránylag rövid ideig épületrész felett. A 12. ábrán a cölösztát és spektrohélioszkóp sugármenete, valamint a kupolában álló 10"-es Cassegrain-típusú fotohéliográf is látható.

Az új nagy-koronagráf üzembehelyezéséig az Obszervatórium főműszere az (az eddig még sem említett) egybeszerelt 10''-es refraktor és 5''-es fotohéliográf. Ezek optikáit még Konkoly szerezte be az 1871-ben alapított Ógyallai csillagdája számára. Konkoly indította meg 1872. május 16-án az akkori Magyarországon a rendszeres napfoltészleléseket. Reméljük, hogy ha ennek 100 éves évfordulóján még nem is, de hamarosan a koronagráffal elkezdhetjük a Nap foltok feletti rétegeinek észlelését is.

A TIT CSILLAGÁSZATI ÉS ŰRKUTATÁSI SZAKOSZTÁLYAINAK 1970. ÉVI MŰKÖDÉSE

A TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályai 1970. május 29-én Egerben, a Választmány plenáris ülésének keretében a TIT Heves Megyei Szervezetével közös rendezésben ünnepelték meg Hell Miksa születésének 250 éves évfordulóját.

Dr. Dezső Loránt c. egyetemi tanár, a TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályai Országos Választmányának elnöke a TIT Heves Megyei Szervezetének Klubjában a következő megnyitó beszéddel vezette be dr. Detre László c. egyetemi tanár, akadémiai levelező tag „Hell Miksa emlékezete” című előadását.

„A TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályai Országos Választmánya 1970. évi ülését azért tartja most Egerben, hogy itt ünnepeljük meg Hell Miksa, a XVIII. században élt csillagász születésének 250 éves évfordulóját. Azért itt Egerben tartjuk meg a kegyeletes visszaemlékezés óráit, mert — tudomásom szerint — ez az egyetlen magyarországi város, amelynek falai között ma is megtalálhatjuk a magyar csillagászat megteremtése ügyében kifejtett működésének — szó szoros értelmében is kézzel fogható — tárgyi emlékeit. Ezek, a XVIII. századból fennmaradt, a XVIII. század magyar csillagászatát dokumentáló, sőt általában is a XVIII. század csillagászatát jól demonstráló, tárgyi emlékek, a Hell Miksa iniciatívájára, irányításával és tervei szerint létrejött egri csillagda és ennek legjelentősebb eszközei, műszerei, illetve mindezek maradványai, ma mint muzeális tárgyak a hazai csillagászati ismeretterjesztés céljait szolgálják. Ez a körülmény indokolja, hogy a mai ünnepi megemlékezésiünket nem a Magyar Tudományos Akadémia, vagy az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Csillagászati Szakcsoportja, hanem a TIT ÉGISZE alatt rendeztük meg. Minden túlzás nélkül mondható, hogy ez a világviszonylatban is figyelemre méltó muzeális kollektív mind napjainkban, mind a jövőben is elsősorban arra hivatott, hogy azt a TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályai hasznosítsák, és pedig nemcsak regionális, hanem országos viszonylatban is. Jóllehet Hell Miksa tudományos érdemei és a magyar csillagászat érdekében ki-

fejtett sohasem lankadó tevékenysége az elegendőnél jóval több okot nyújtott arra is, hogy hazánk legfelsőbb tudományos testülete, a Magyar Tudományos Akadémia gyűjtson fáklyát és világítson rá munkássága kiemelkedő mozzanataira. Igaz ugyan, hogy Hell Miksa révén, a magyar csillagászat kisarjadása és felvirágoztatása érdekében jobbára csak rövid életű hajtások keletkeztek, és életének tudományos szempontból legjelentősebb ténykedése talán nem a csillagászat, hanem a nyelvtudomány területére esik (az ő sugallatára és segítségével végrehajtott nyelvészeti adatgyűjtés nyomán történt meg a magyar-lapp nyelvrokonság felfedezése). Mindezek ellenére vitathatatlan, hogy a magyar csillagászat voltaképpen először, a XVIII. század derekán, Hell Miksa bábáskodásával született meg. És, ha ma visszapillantunk a magyar csillagászat mintegy két évszázados múltjára, azt kell hogy mondjuk, hogy napjainkig mindössze két-három olyan magyar csillagász akadt csak akik olyan vagy nagyobb mértékben járultak hozzá a magyar csillagászati észlelési és kutatási lehetőségek megteremtéséhez, illetve fejlesztéséhez, mint Hell Miksa. Konkoly volt az aki az 1848-as magyar forradalom bukása egyik következményeként gyakorlatilag megsemmisült magyar csillagvizsgálók helyett, így a lényegileg Pasquich által létrehozott gellérthegyi helyett, az 1870-es évek elején újat alapított és akinek az ösztönzésére a későbbi évek során hazánkban több helyen is intenzív csillagászati kutatások indultak meg. Mai csillagászati kutató intézeteink egy-két hajszálgyökere még mindig Konkolyig nyúlik vissza; több Konkoly korából való műszer, műszer-alkatrész még ma is, kutató munkához is felhasználható. Ha a magyar csillagászat fejlesztésében nagyobb érdemeket szerzett csillagászok névsorát (időrendben) meg akarjuk adni, úgy Hell, Pasquich és Konkoly után Detre László nevét kell még felemlítenünk. Elsősorban azért, mert a hazai csillagászati kutatási lehetőségek a közelmúlt években elkezdődött jelentős fejlődési folyamata minden bizonnyal főleg az általa sok évvel ezelőtt kezdeményezett és irányított kutatási programok eredményei révén, a külföldi elismerések nyomán vált megvalósíthatóvá. Reméljük, és bízunk benne, hogy ezek a mai hazai csillagászati beruházások és fejlesztések, illetve az idevonatkozó és megvalósulás alatt álló tervek nem fognak arra a sorsra jutni, mint két évszázaddal ezelőtt, Hell Miksa korában, a maival egyenértékűnek tekinthető akkori kezdeményezések.”

A jubileum alkalmával dr. Zétényi Endre, a Heves Megyei Csillagászati Szakosztály elnökének rendezésében Hell Miksa kiállítás nyílt meg az egri Tanárképző Főiskola csillagászati múzeumában.

Az 1970. évben a csillagászati ismeretterjesztés mennyiségileg is fejlődött. A szakosztályok az 1969. évi 2591 előadással szemben 1970-ben 2701 előadást tartottak, éspedig 539-et ipari, 627-et mezőgazdasági,

1535 előadást pedig egyéb helyeken. Az előadásokat 157 869 fő hallgatta meg, ami 58,5 átlagos hallgatói létszámot jelent. Tekintettel a kiscsoportos foglalkozásokra, ez 100–200 fő részére tartott előadásokra is utal. (1969-ben 48 fő átlagos hallgatói létszámot értünk el.) Előadásaink közül 78 hangzott el Szabadegyetemen, 166 munkás-, 10 tsz-, 15 női-, 244 ifjúsági akadémiai sorozatokban. Az összes előadás közül 121 volt saját, belépődíjas rendezvény, 69 az előadók továbbképzése céljából tartott előadás. 186 előadást az előadók társadalmi munkában tartottak. Előadásaink 77 százaléka szemléltetett előadás volt.

A mennyiségi mutatókon túlmenőleg azonban a fejlődés munkánk tartalmi vonatkozásában ért el sikereket. A TIT társadalmi vezetőségi szerveinek, a TIT Ügyvezető Elnökségének és a TIT Országos Elnökségének, valamint a Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályai Országos Választmányának határozatai felhívták a figyelmet az ismeretterjesztő munka korszerűsítésének, új formák és módszerek keresésének, saját rendezvényeink fejlesztésének, az előadások hatékonyságának növelése céljából a világnézeti vonatkozásokra nagyobb súlyt helyezésének szükségességére. A szakosztályok a rendelkezésükre álló személyi és tárgyi feltételekhez képest nem egyöntetűen, de általában ezen határozatok végrehajtására törekedtek.

A tematikában új szint jelentettek hazánk felszabadulásának 25 éves évfordulóján, 1970. április 4-ét követő hetében a magyar csillagászat 25 éves fejlődéséről tartott előadások. Egy-egy tudományág 25 éves fejlődése nem tartozott a jubileumi TIT előadások témakörébe, de tekintettel arra, hogy nálunk a felszabadulás előtt igen korlátozott lehetőség adódott a csillagászati kutatásokra, mert az akkori politikai rendszer a csillagászati kutatásokat luxusnak és a csillagászat oktatását feleslegesnek tartotta, a felszabadulás után viszont új műszerek beszerzésével, új intézetek létesítésével a hazai csillagászat is bekapcsolódhatott a modern kutatásokba, a szakosztályok indokoltan tartották, hogy a magyar csillagászati intézmények fejlesztéséről szóló előadással csatlakozzanak a jubileumi előadásokhoz.

Az év folyamán az előadások mintegy fele az űrkutatás eseményeit, a szovjet Hold-automaták, Venerák és az amerikai Apolló-program eredményeit ismertette, megvilágítva ezen kísérletek tudományos jelentőségét, célját és szükségességét a természet beható megismerése szempontjából. A többi előadásban helyet kaptak a csillagászati alapismeretektől kezdve a kozmológia mai problémáig a legváltozatosabb témák, eleget próbálva tenni mindazon követelménynek, hogy az érdeklődőt vezessük be a csillagászatba, a már téjékozottsággal rendelkezők ismereteit frissítsük fel, az új eredmények iránt megnyilvánuló általános érdeklődést pedig használjuk fel a tudományos világlátásra való rávezetésre.

Az új formákat és módszereket illetően a filmek újszerű alkalmazása volt eredményes. Az előadás utáni hagyományos kísérő filmvetítés helyett a filmet állították a műsor középpontjába. A szovjet úrkutatás 10 évről és az Apolló-űrhajókról készült színes filmek úgyszólván az egész országot bejárták, mindenütt nagy közönségsikert aratva. Dr. Tóth Lászlónak, a Baranya megyei csillagászati szakosztály titkárnak tapasztalata szerint nemcsak a reprezentatív nagyfilmek esetében, hanem általában jó módszer, ha a filmvetítés megelőzi az előadást. Ilyenkor mód van arra, hogy az előadó megkérdezze a hallgatóságot, milyen téma, milyen részlet ragadta meg figyelmüket legjobban és az előadásban ezekre tér ki bővebben. Az előadó eközben beszámolhat a film elkészülte utáni tudományos eredményekről. Két film vetítése esetén a kettő közé lehet illeszteni az előadást. Dr. Tóth László jónak találta a gyakorlatban azt a Márki Zay Lajos által javasolt módszert is, hogy megosztja az előadást és vetítést, egy-egy érdekesebb filmrészlethez fűz részletesebb magyarázatot, vagy az előadás egy részét szemlélteti a film odavonatkozó kockáival.

Márki Zay Lajos (Szeged — majd Gyula) sikeresen alkalmazta a diáképekre felépített előadást, saját gazdag diatárával, melynek felfrissítését állandóan napirenden tartja.

Zombori Ottó (Gyöngyös) tapasztalata szerint az előadások alkalmával a hallgatóság nagy részét versek, idézetek közbeiktatásával lehet érzelmileg megfogni, ami után már könnyebben megy a tudományos ismeretek élményszerű átadása.

Arra a formára való törekvésünk, hogy az előadó ne pusztán informálja a hallgatóságot, hanem aktivizálja és mintegy párbeszéd, vita alakuljon ki az előadó és a hallgatóság között, eredményeket ért el az ifjúsági és más klubösszejöveleteken; ilyen jellegűek a kérdezz-felelek ankétok is, de még nem hatja át eléggé munkánkat. Főleg a kisebb csoportos foglalkozásokon van erre lehetőség; dr. Tóth László amikor egy nagyobb létszámú ifjúsági csoport részére tartott előadást, a komolyabban érdeklődőket az előadóteremből meghívta az intimebb klubhelyiségbe, ahova 40 fő jött át és több órán át beszélgettek. Nébli Vendel a Borsod megyei szakosztály elnöke a kérdezz-felelek ankétan írásban kérte be a kérdéseket és ezzel csaknem valamennyi résztvevőt aktivizálni tudta.

A korszerű szemléltetésre törekvés során legnagyobb sikere van a távcsöves bemutatásnak. Faluhelyen az előadás szervezését is ellátja, mert ha a kultúrház előtt felállítják a távcsövet, minden más előzetes propaganda nélkül összejön a közönség az előadásra. Márki Zay Lajos Szegeden kipróbálta és eredményesnek találta azt a módszert, hogy a távcső mellett elhelyezett diavetítővel először kivetíti a bemutatandó objektumot.

A távcsöves bemutatások mellett az előadók és a szakköri tagok leleményessége sokféle szemléltető eszközt talált; dr. Szabó Gyula a miskolci Urániában az előadások egyes részleteit magnóról, halk zenével kísérteti. Elek Imre és szakköre, az ózdi Urániában többek között Foucault-ingával, szinképelelnző készülékkel szemlélteti a foglalkozásokat és előadásokat. Pataki József, a Tolna megyei csillagászati szakosztály elnöke domborműves műanyag Hold-modellt, Hold-térképeket, színes szemléltető képeket, falilámpákat, mozgófilmeket, diákat használ szemléltetésre. A szemléltetés lehetősége azzal is sokat javult, hogy a TIT Központ 150 képből álló csillagászati-űrutatási dia-sorozatot juttatott a megyei szervezeteknek.

Már a beszámolási időszakon túli időben 1971. áprilisában rendezte meg Gagarin űrrepülésének 10 éves évfordulója alkalmával, a Magyar—Szovjet Baráti Társaság más állami és társadalmi szervekkel a „Szovjet Űrkutatás Napjait”. Az akcióhoz a TIT csillagászati szakosztályai is csatlakoztak. Az Évkönyv kéziratának zárata idején még folyamatban vannak a TIT ilyen rendezvényei, így ezúttal csak arról emlékezünk meg, hogy a TIT Komárom megyei szervezete és az esztergomi Petőfi Sándor Művelődési Ház Csillagászati Szakköre 1971. április 21-én Gagarin emlékünnepélyt rendezett a Művelődési Központ színháztermében, Gyöngyösön pedig a KISZ Városi Bizottsága és a Csillagászat Baráti Köre városi csoportja az Űttörő Házban megrendezte „A szovjet űrkutatás” kiállítást.

Szemelvények a szakosztályok tevékenységéből

A Békés megyei szakosztály megkezdte a leggyakoribb csillagászati témák vázlatának, közlési formájának, szemléltetési módszereinek, irodalomjegyzékének kidolgozását.

A Borsod megyei szakosztály 1970. március 18-án a Lenin centenáriummal kapcsolatban emlékülést tartott az Uránia Csillagvizsgáló kupolatermében.

Csongrád megyében dr. Makai Lajos szakosztályi elnök irányításával újjászervezték a csillagászati szakosztályt, megteremtették a szélesebb körű ismeretterjesztés előfeltételeit, számba vették a Baráti Kör tag-ságát, megszervezték a Baráti Kör összejöveteleit. A megújult szakosztály társadalmi titkárának és egyben a szegedi Uránia vezetésének teendőit Kenderesi Alajos látja el, a Csillagászat Baráti Köre Csongrád Megyei Csoportjának elnökévé dr. Habermann Gusztávot választották.

Vas megyében a nagy vasi természettudósok életművének ismertetése keretében a csillagászati szakosztály elnöke, dr. Tóth György eredeti

dokumentumok, fényképek felhasználásával Gothard Jenőről előadási anyagot állított össze.

A csillagászati szakosztályok tagjainak létszáma 1970-ben 253. A szakosztályi tagok ebben az évben 63 ismeretterjesztő cikket írtak.

Előadói konferenciák

A budapesti szakosztály 1970. novemberi előadói konferenciáján a filozófiai szakosztállyal közösen rendeztek vitát a kozmológia időszerű kérdéseinek filozófiai problémáiról, mely alkalommal Makó István és dr. Fodor Judit a filozófia oldaláról segítettek tisztázni a kozmológia világnézeti kérdéseit.

A Csillagászati és Űrkutatási Választmány decemberi központi előadói konferenciáján dr. Almár Iván a holdkutatás helyzetéről számolt be, dr. Balázs Béla az extragalaktikus csillagászat újabb eredményeit, Paál György az ezekhez fűződő kozmológiai kérdéseket, Róka Gedeon pedig a fentebb említett filozófiai vitát ismertette.

A Békés megyei előadói konferenciák tematikája és előadói:

Az Apolló-program lebonyolítása — Ponori Thewrewk Aurél, Ember a Világegyetemben — dr. Kulin György, Az ezerszínű Nap — Márki Zay Lajos, Hazai napfizikai kutatások — Dr. Dezső Loránt, Pulzárak, változó csillagok — dr. Detre László, Művelt ember és a csillagászat — dr. Kulin György.

Miskolcon dr. Kulin György és Róka Gedeon vezetésével rendeztek előadói konferenciát a csillagászati ismeretterjesztés korszerű formáiról és módszereiről.

Székesfehérvárott a szakosztály és a Csillagászat Baráti Köre közösen rendezett klubösszejevetelei a sokszor 200–300 főnyi hallgatóság ellenére az előadói konferenciákat is pótolták, mert a program: dr. Almár Iván—dr. Echter Tibor — Milyenek látták az űrhajósok a Holdat, Róka Gedeon — A vörös bolygó, Kendrovits Miklós — 10 éves az űrkutatás, dr. Kulin György — A bolygórendszer határán, dr. Bitó János—Sinka József — Túl a Holdon, dr. Marik Miklós — Földöntúli szivárvány; a csillagközi anyag, dr. Jurányi Róbert — A naptevékenység földi hatásai a gyógyászatban, Ponori Thewrewk Aurél — Színes epizódok a csillagászat történetéből, az előadók tájékoztatásának is megfelelt.

Csillagászati Szabadegyetemek

A budapesti József Attila Szabadegyetem 1970/71 évi csillagászati tagozatának „Csillagászat mindenkinek” 16 előadásból álló sorozata tájékoztatást adott azokról a legfontosabb csillagászati alapismeretek-

ről, amelyek az űrkutatás korában minden művelt embert érdekelhetnek. Az elhangzott előadások: Ponori Thewrewk Aurél — Ptolemaiosztól Newtonig, dr. Kulin György — A gravitációs törvény, Érdi-Krausz György — Tájékozódás égen és földön, Ponori Thewrewk Aurél — Idő és naptár, Ponori Thewrewk Aurél — Földünk mozgásai, Érdi Bálint — Távolságmérés a Naprendszerben, Szüle Dénes — Fogyatkozások, Róka Gedeon — A Naprendszer, dr. Balázs Béla — Hány csillag van az égen, dr. Abonyi Iván — Az atomoktól a csillagokig, dr. Almár Iván — Miről árulkodik a fény, Illés Erzsébet — Változások a csillagvilágban, dr. Marik Miklós — Csillagok születése és halála, Róka Gedeon — A táguló Világegyetem, dr. Balázs Béla — Hol tart ma a csillagászat, Konzultáció.

A gyulai Csillagászati Szabadegyetem programja: Márki Zay Lajos — Az Apollo-program előkészítése, dr. Balázs Béla — Távfelvételek a Földről, Béres István — Amíg az óriásrakéták megszülettek, Márki Zay Lajos — A magyar csillagászat 25 éve, dr. Kulin György — A csillagászat amatőrei, dr. Dezső Loránt — Napfizika és az űrkutatás, Márki Zay Lajos — A Vénusz és Mars kutatásának legújabb eredményei. Az űrkutatás jövőbeli tervei.

A szolnoki Csillagászati Szabadegyetemen Sinka József által tartott előadások: A Világegyetem szerkezete, Fejlődik-e a Világegyetem, Az elemi részek és kémiai elemek keletkezése a csillagokban, Tágul-e a Világegyetem, A Világegyetem jövője, Kozmikus sugárzás, Novák-szupernovák, A bolygókutatás legújabb eredményei, A holdkutatás legújabb eredményei, A Tejútrendszer szerkezete.

1970. április 3-án fejeződött be, a már az előző évben megkezdett „Élet a Világegyetemben” címmel, Kalocsán rendezett szabadegyetemi sorozat, melynek keretében elhangzott, A földi élet és kozmikus feltételei, Az élet kutatása a Naprendszerben, Életlehetőségek a Naprendszeren kívül, Jártak-e a Földön idegen lények, Eljuthatnak-e más csillagok terébe, Kapcsolatfelvétel más értelmes lényekkel című előadásokat Schalk Gyula tartotta.

A Csillagászat Baráti Köre VI. Országos Találkozója Zalaegerszegen

Zala Megye Tanácsa és Zalaegerszeg Város Tanácsának meghívására 1970. augusztus 11-től 14-ig Zalaegerszegen megtartották a Csillagászat Baráti Köre VI. Országos Találkozóját, melynek rendezésében a tanácsai szervek mellett részt vettek még a Hazafias Népfront Megyei Bizottsága, a Megyei Művelődési Központ, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat és a Csillagászat Baráti Köre Vezetősége.

A találkozóra több mint kétszázan jöttek össze Zalaegerszegre, ahol 12-én délelőtt a Megyei Művelődési Központ színháztermében, Piros Sándor a TIT megyei szervezetének elnöke köszöntötte a Találkozót, majd Kustos Lajos a Városi Tanács VB elnöke mondott megnyitó beszédet. Méltatta azokat a tudományos eredményeket, amelyeket az emberiség elért a világűr meghódításában. Megállapította, hogy Zala megyében és Zalaegerszegen is, mind nagyobb érdeklődés nyilvánul meg a csillagászat iránt, noha ennek kielégítéséhez a feltételek még nem eléggé biztosítottak. — Bizunk benne — mondta, hogy a Találkozó Zala megyében is fellendíti a mozgalmat. A megnyitó beszéd után Paksa István, a Hazafias Népfront Megyei Bizottsága nevében kívánt eredményes munkát a Találkozónak, majd dr. Kulin György, a Csillagászat Baráti körének országos elnöke számolt be a Baráti Kör mozgalomnak a legutóbbi, egri találkozó óta elért eredményeiről, a tagszámnak 2000-ről 3270-re emelkedéséről a távcsőépítő-mozgalom fellendüléséről és ismertette a mozgalom jövőbeni terveit.

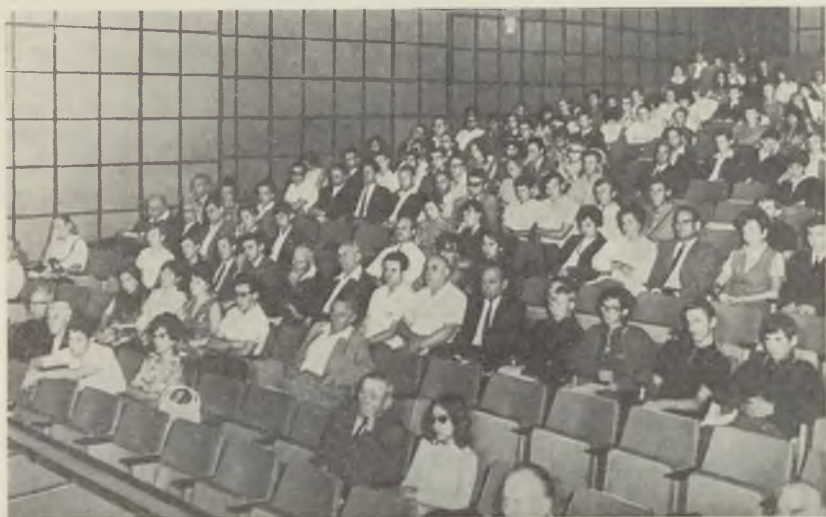
E napon került sor Zerinváry Szilárd halálának öt éves évfordulója alkalmával, 1963-ban Szentendre Város Tanácsa által a legjobb munkát végző amatőr csillagászok jutalmazására alapított emlékérem átadására. Az 1970. évi emlékérmet Hajmási József a székesfehérvári Uránia



14. ábra. A Csillagászat Baráti Köre Zalaegerszegi Találkozásának résztvevői.
Foto: Párniczky József

Csillagvizsgáló vezetője kapta. Az első nap előadásos programját, dr. Marik Miklósnak a naptevékenység közvetlen földi hatásairól szóló előadása zárta be.

A Találkozó második napján három (ifj. Bartha Lajos — Új elképzelések a Naprendszer keletkezéséről, Róka Gedeon és Zombori Ottó — Űrállomások a Föld szolgálatában, Róka Gedeon — A csillagászati ismeretterjesztés új formái), a harmadik napon két (ifj. Bartha Lajos —



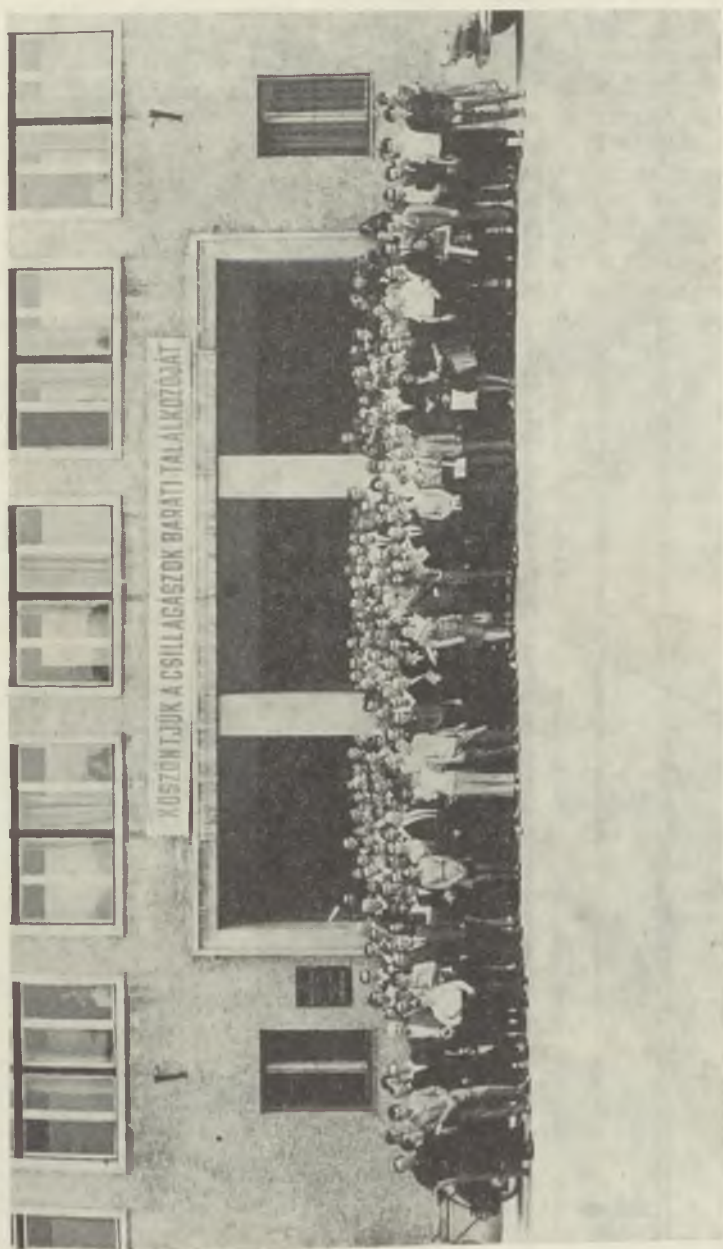
15. ábra. A Találkozó megnyitójának elnöksége. Foto: Párniczky József

Új eredmények a csillagrendszerek kutatásában, Ponori Thewrewk Aurél — Az élet kutatása a Világegyetemben) előadás hangzott el. Az előadások után dr. Szabó Gyula bemutatta a „Szputnyik-megfigyelés a miskolci állomáson” c. filmet és a résztvevők megnézték még a „Hobbym a csillagos ég” és az „Apolló-11 útja” című filmeket.

A találkozó napjának második estéjén dr. Kulin György „A csillagászat és az emberiség” címen nyilvános előadást tartott.

A legközelebbi, 1972. évi találkozó megrendezésére hét városból érkezett meghívás. A Zalaegerszegi találkozó plénuma úgy határozott, hogy Székesfehérvár meghívását fogadja el, ahol a város 1000 éves jubileuma keretében kerülhet sor a találkozásra.

Az eddigi országos találkozók tapasztalata szerint a plénum részvételével tartott tanácskozásokon időhiány miatt sok hozzászólás elmaradt. A zalaegerszegi találkozón ezért az előadások után külön szekciókban jöttek össze Párniczky József vezetésével a fotózó, ifj.



16. ábra. A Találkozó résztvevői a Megyei Művelődési Központ színháztermében

Bartha Lajos vezetésével a megfigyelő, Róka Gedeon vezetésével a szakköri, dr. Balázs László vezetésével pedig a távcsőépítő csoportok. A tanácskozásoknak ez a rendszere termékenyebbnek bizonyult, ami megnyilvánult abban is, hogy már Zalaegerszegen is spontán megfigyelések történtek az ottani távcsővel, de ezen túlmenőleg kapcsolatok alakultak ki jövőbeni megfigyelések megszervezésére. Az amatőrmozgalom ezen fellendülésére ifj. Bartha Lajosnak a találkozók első napján történt azon bejelentése is ösztönzőleg hatott, hogy a hazai holdmegfigyelő csoportokban észlelők közül ifj. Bartha Lajos, Párniczky József, dr. Szabó Gyula és dr. Zétényi Endre, a Lunar International Observers Network szervezőitől írásbeli elismerést kaptak.

Zalaegerszeg Város Tanácsa a Baráti Kör megyei vezetői részére fogadást adott és őket emlékéremmel ajándékozta meg.

A zalaegerszegi rendező szervek gondoskodása lehetővé tette, hogy a találkozók résztvevői városnézésen, a skanzenbe történt kiránduláson, göcseji autóbusz-körúton és közös vacsorán vehessenek részt. A házigazdai tisztet nagy ügyszeretettel és fáradhatatlanul látták el a TIT megyei titkárságának dolgozói, akiknek nagy részük volt abban, hogy mindenki egy igen jól sikerült találkozó emlékét vitte magával Zalaegerszegről.

Csillagászati Hét

Az űrkutatás kiemelkedő eseményei a Holdra és a bolygókra irányítják a figyelmet, az utóbbi évek Csillagászati Heteinek előadásai ezért főleg a Naprendszer égitestjeire vonatkozó újabb eredményekről adtak tájékoztatást. Az elmúlt évtizedben azonban a csillagászat a földi obszervatóriumokban végzett észlelésekkel is olyan nagy jelentőségű felfedezéseket tett, melyek a fizika izgalmas problémáivá és világképiünk formálóivá váltak. Az 1970. évi Csillagászati Hetet ezért a TIT csillagászati szakosztályai „Mai problémák a csillagászatban” címmel rendezték meg.

A budapesti Csillagászati Hetet a TIT Természettudományi stúdiójában tartották az alábbi programmal:

- okt. 12. dr. Alnár Iván: Föltáru a Világegyetem. (Kitörés a légkör börtönéből. Az ismeretszerzés újabb lehetőségei a légkörön túli csillagászat által.)
- okt. 13. dr. Marik Miklós: Kitörések a Napon és a csillagokon. (A napkitörések és földi hatásaik. Fler-csillagok. Szupernovák.)

- okt. 14. dr. Szimán Oszkár: Szélsőséges állapotok a Világegyetemben. (Égi atomreaktorok, Robbanó galaxismagok, Kvazárok, pulzárok.)
- okt. 15. Róka Gedeon: A Nap múltja és sorsa (A modern bolygó- és csillagkozmozgónia problémái.)
- okt. 16. dr. Balázs Béla: A Nagy Ősrobbanás (A megfigyelhető Világegyetem hajnala: a forró Univerzum.)
- okt. 17. dr. Kulin György: Az ember és a Kozmosz. (Miért kutatja az ember a csillagok világát.)

A megyei szakosztályok programja részben a budapestihez volt hasonló, részben azt más témájú előadásokkal is színesítették. Kiemelkedőbb megyei rendezvények:

Baranya megyében Pécsen az alábbi öt előadás hangzott el:

- okt. 5. dr. Tóth László: Föltárul a Világegyetem.
- okt. 6. dr. Balázs László: Amit a Napról tudunk.
- okt. 7. Keresztesi Miklós: Szélsőséges állapotok a csillagvilágban.
- okt. 8. ifj. Bartha Lajos: A nagy őrobbanás.
- okt. 9. dr. Göres László: Az ember és a Kozmosz.

Bács megyében a Csillagászati Hét ünnepélyes eseménye volt szeptember 28-án a kalocsai Obszervatórium egykori világhírű napfizikus igazgatója, Fényi Gyula szobrának felavatása a Nagy Lajos könyvtár melletti parkban, majd a Csillagvizsgáló Állomásnak a népszerűsítés céljára megnyitása az I. István Gimnáziumban. Az avatási ünnepség után dr. Kulin György tartott előadást „A csillagászat és az emberiség” címen. A TIT Járási-Városi Szervezete, a Városi Tanács VB. és a Gimnázium rendezésében a Csillagászati Héten még két előadás hangzott el a Nagy Lajos könyvtár olvasótermében. Gerlei Ottó szept. 30-án a Hold kutatásában elért új eredményekről, dr. Dezső Loránt pedig okt. 2-án „A Haynald Obszervatórium szerepe a Nap megismerésében” címmel tartott előadást. A Csillagászati Héten nyílt meg a kalocsai Csillagvizsgálóban a Fényi Gyula múzeum.

Békés megyében a csillagászati szakosztály minden eddiginél nagyobb szabású programot dolgozott ki, 4 városban, 9 községben, 3 tanyán, összesen 16 helyen 26 előadást tartottak. Az ünnepélyes megnyitó előadást Békésen okt. 12-én a Járási Művelődési Házban a csillagászat legújabb eredményeiről dr. Kulin György tartotta, aki másnap „Az ember és a Kozmosz” címmel Szarvason is tartott előadást. Dr. Dezső Loránt okt. 13-án Gyulán tartotta előadását a hazai napfizikai kutatásokról, dr. Marik Miklós Békéscsabán okt. 19-én pedig a Nagy Őrobb-

banásról, Schalk Gyula okt. 14-én „Úrhajóval a Jupiterre” címen. Változatos témákról (A Nap melege és sorsa, Katasztrófák a Világegyetemben, Az égbolt titkai, A magyar csillagászat 25 éves fejlődése, A rádiócsillagászat legújabb eredményei, Feltárul a Világegyetem, Környezetünk az Univerzum, A nagy csillagrendszerek világa) Béres István négy, Márki Zay Lajos kilenc, Soós István egy helységben tartott előadást. Orosházán Pusztai Lajos, Szeghalmon Nagy János amatőr csillagászok távcsöves bemutatásokat tartottak. A Csillagászati Hét alatt a Csillagászati szakosztály tagjai részére tanulmányi kirándulást is szerveztek a debreceni Napfizikai Observatóriumba.

Borsod megyében a Csillagászati Hetet 17 előadással „Borsodi Csillagászati Hetek”-ké szélesítették, melyet okt. 5-én nyitott meg dr. Szabó Gyula a miskolci Uránia Csillagvizsgálóban és dr. Dezső Loránt tartott előadást „Az űrkutatás jelentősége a Nap fizikai megismerésében” címmel. Az Urániában az okt. 7–16 közötti program előadói Hunyadi György, dr. Szabó Gyula, Szokira Teréz, Varga Pál, Veres Ferenc voltak. Miskolc város rendezésében a lillafüredi SZOT üdülőben és a Diósgyőri Gépgyár Műszaki Klubjában hangzottak el előadások, a megye területén pedig okt. 12. és nov. 2. között Aszalón, Encsen, Göncön, Mezőcsáton, Sárospatakon és Szikszón a Művelődési Házakban.

Fejér megyében Székesfehérvárott dr. Bitó János–Sinka József: Útban a Hold felé, Schalk Gyula: A Vénusz felhői alatt, Érdi Krausz György: Lépések a Hold felszínén témákról tartottak előadásokat, melyeknek tapasztalatait a megyei előadók a vidéki előadásoknál hasznosították.

Győrött a Csillagászati Hét keretében, okt. 12-én a Szakszervezetek RÁBA Művelődési Központ vezetősége és Csillagászati Szakköre rendezésében avatták fel a József Attila Művelődési Ház tetőteraszán a bemutató csillagvizsgálót. Megnyitó beszédet mondott Módos Dezsőné a Városi Tanács VB elnökhelyettese és előadást tartott dr. Horváth Árpád csillagász-történész.

Heves megyében szeptember 7. és 17. között a 12 egri általános iskola tanulói részére „kis Csillagászati Hetet” rendeztek távcsöves bemutatásokkal. A gyöngyösi szakközépiskolai és a gimnáziumi csillagászati szakkör Zombori Ottó vezetésével okt. 3-tól 13-ig minden este távcsöves bemutatót tartott a Fő téren az Olimpia étterem előtt. A gyöngyösi rendezvények záró előadásaként okt. 13-án a Művelődési Ház színháztermében Sziüle Dénes tartott élménybeszámolót „Ott voltam az Apolló-13 indításánál” címmel.

Szolnok megyében Szolnokon a Ságvári Endre Megyei Művelődési Központ és a megyei Csillagászati Szakosztály rendezésében tartott Csillagászati Hetet Elek Lajos, a Csillagászat Baráti Köre megyei cso-

portjának elnöke nyitotta meg, majd okt. 6-án Ponori Thewrewk Aurél a nagy ősrobbanásról, dr. Dankó Sándor pedig okt. 9-én „Az ember és a Kozmosz” címen tartott előadást.

A szekszárdi Csillagászati Hét programja:

dr. Ill Márton: Az űrkutatás időszerű kérdései

dr. Almár Iván: A légkörön túli csillagászat

Róka Gedeon: A Világegyetem szerkezete

dr. Balázs Béla: A nagy ősrobbanás

A TIT Vas megyei szervezetének Csillagászati Szakosztálya, a Vas megyei Múzeumok Igazgatósága és a Gothard Jenő Csillagvizsgáló Intézet rendezésében a TIT megyei klubjában elhangzott előadások:

okt. 5. Matisz Attila: A Világegyetem története

okt. 7. dr. Tóth György: A csillagászati kutatások múltja Vas megyében

A TIT veszprémi szervezete és az SZMT Kisfaludi Kultúrház rendezésében tartott előadások

okt. 8. dr. Kulin György: A Világegyetem üzenetei

okt. 9. dr. Dezső Loránt: Csillagunk a Nap

okt. 10. Róka Gedeon: A Világmindenség szerkezete

okt. 12. Szüle Dénes: Ember a Holdon

okt. 13. Lendvai László: Van-e élet a Földön kívül

Helyszűke miatt a Csillagászati Hét valamennyi előadásáról nem emlékezhetünk meg, a filmvetítésekről is csak annyit írhatunk, hogy a rendezvények alkalmával az És feltárul az ég, Csillagunk a Nap, Színes Világegyetem, Ember a Holdon, Mars a talányok bolygója, Mindenki a Holdra néz, A szovjet űrkutatás 10 éve, A Világegyetem képekben, az Apolló-11 és Apolló-12 filhnek kerültek műsorra. A rendezvények után, ahol erre alkalom és kedvező időjárás volt, távcsöves bemutatókat is tartottak.

Kitiüntetés, jutalmazás

1970. április 4-e alkalmával Hajmási József a Fejér megyei csillagászati szakosztály titkára és az ottani Uránia Csillagvizsgáló vezetője a Munkaérdemrend bronzfokozata kormánykitüntetését, dr. Dezső Loránt c. egyetemi tanár, az MTA Napfizikai Intézete igazgatója, a TIT Csillagászati és Űrkutatási Választmányok elnöke és Róka Gedeon választmányi titkár a „TIT Kiváló Dolgozója” kitiüntetését kaptak.

A TIT Országos Elnöksége az 1970. évi választmányi ülésen oklevéllel jutalmazta Dalnoki János (Leninváros), dr. Jónás László (Esztergom), Schalk Gyula (Bpest), Szüle Dénes (Bpest) és Zombori Ottó (Gyöngyös) szakosztályi tagokat.

Elhalálozás

Apostol Ince a Borsod megyei csillagászati szakosztály társelnöke, a Csillagászat Baráti Köre országos vezetőségének tagja 1971. február 1-én életének 69. évében elhunyt. A csillagászati ismeretterjesztés ügyét nagy veszteség érte Apostol Ince elhalálozásával. A Borsod megyei szakosztálynak alapító tagja, 1959-től 1967-ig elnöke, majd társelnöke volt. Nemcsak saját szemléltető kép- és dia-tárával tartott előadásait vett részt az ismeretterjesztésben, hanem kiváló szervező munkát végzett a megye egész területén a TIT járási szervezeteivel, művelődési intézményekkel, járási könyvtárakkal, üzemekkel való kapcsolatok kiépítése terén. Irányító munkájának jelentős része volt abban, hogy a különféle társulati dokumentumok évről évre a Borsod megyei szakosztály tevékenységét minősítették példamutatónak. 1971. május 7-én tragikus körülmények között elhunyt Varga Pál, a miskolci Uránia Csillagvizsgáló munkatársa, akinek tervei szerint épültek a kiliáni és toronyházi Urániák, a Szputnyikfigyelő Állomás műszerparkja. Távcövek készítésével, az amatőröknek mindig készségesen adott szaktanácsaival, előadásaival és bemutatások tartásával, 25 éven át vett részt az Uránia munkájában. Emléküket kegyelettel megőrizzük.



Apostol Ince (1902 – 1971)



Varga Pál (1913 – 1971)

A TIT BEMUTATÓ CSILLAGVIZSGÁLÓINAK MŰKÖDÉSÉRŐL

Az 1971 áprilisával záruló beszámolási időszak sok örömteli jelét hozta a csillagászati ismeretterjesztés kiszélesedésének és a Csillagászat Baráti Köre további erősödésének. Ezt a megállapítást olyan tényekre alapozhatjuk, amelyek jól dokumentálhatók.

Az ország nagyobb bemutató csillagvizsgálói kivétel nélkül úgy létesültek, hogy lelkes amatőrök szorgalmazására a nagyvállalatok megfelelő támogatást nyújtottak. (Győr, Szolnok, Miskolc, Dunaújváros, Székesfehérvár, Fűzfőgyártelep, Leninváros, Csepel, Ózd.) Az utóbbi időben egyre több Művelődési Ház határozta el, hogy a tiszta humán műveltség mellett a közönség egyre sürgetőbb igényének megfelelően a természettudományos, -csillagászati ismeretterjesztésre is gondot fordít. Öröndetes ez a jelenség akkor is, ha elsősorban a nagyüzemek és vállalatok patronálásával működő kulturális intézmények járnak elől jó példával. De a tájékozódást igénylő dolgozók, és igen nagy mértékben a tizenévesekben mutatkozó eleven érdeklődés egyre több Művelődési Ház vezetőségét készteti szakkörök szervezésére és bemutató távesővek beszerzésére. Csillagászati klubok létesülnek a Művelődési házakban és jelenleg legalább tíz helyen elkészült már, vagy készül a bemutató táveső.

A másik öröndetes tény, hogy a könyvtárak fiatal olvasói nem elégszenek meg a könyvekből szerezhető ismeretekkel, előadásokat, író-olvasó és Föld és Ég szerkesztőségi találkozókat igényelnek a könyvtárak vezetőségétől.

Széles körű és alapos ismeretekkel kell rendelkeznie annak, aki az órákon át feléje záporozó kérdésekre meg tud válaszolni. Meglepő, hogy a 13–14 éveseket mennyi izgalmas probléma foglalkoztatja.

A tanulók kíváncsiságát az sem elégíti ki, amit az iskolai tananyagban a csillagászatból kapnak. Bent az iskolában, vagy ha erre nem nyílik lehetőség más helyen, kultúrházakban összetoborozzák a hasonló érdeklődésű fiatalokat és szakkört szerveznek. Képezik magukat, jelentkeznek a Választmány levelező tanfolyamára és távesövet is épí-

tenek. Felnőtt vezető hiányában az ilyen lelkes kezdeményezések nem mindig tartósak. De arra is egyre több a példa, hogy a tanintézetek vezetősége felfigyel reájuk és támogatja törekvésüket. Több helyen rábukkantak már ezek a lelkes diákok a szertárakban porosodó kitűnő refraktorokra és ez arra utal, hogy a csillagászati oktatásnak hivatalos, intézményes támogatása már a régmúltban megtörtént, csak a másik feltétel maradt el: olyan oktatók képzése, akik ezeket a távesöveket fel is használták volna. Most a távesövek új életre kelnek és be is töltik rendeltetésüket, ha használatukra engedélyt kapnak.

A tárgyilagosság érdekében meg kell állapítani, hogy ma még a csillagászati ismeretterjesztésben sokkal nagyobb támogatást kapunk gyáraktól, szocialista brigádoktól, a dolgozók művelődési intézményeitől, mint az oktatás hivatalos szerveitől, annak ellenére, hogy az iskolai oktatásban a hazai csillagászati anyag nagyon szegényes és oktatóink egyetemi-főiskolai tanulmányaik alatt nem részesültek megfelelő csillagászati képzésben. Ott viszont, ahol a mozgalmunk munkatársai a tanárok, olyan nagy lelkes diáktábor alakul ki, amely egy egész város kulturális életére rányomja a bélyegét. Elég talán Székesfehérvárt, Pécsét, Szegedét, Miskolcot, Gyulát, Ózdot, Gyöngyöst, Egert említeni.

Mozgalmunk szép fejlődésében lépten-nyomon igazolást nyer az a felismerés, hogy az ismeretterjesztő munkát eredményesen csak hivatásszerű elkötelezettséggel lehet végezni. Az elhivatottság pedig azokból a gazdag élményekből fakad, amit a táveső ad a világ gazdagságáról és a felismerésből közművelődésünk csillagászati ismereteiben mutatkozó szegénységéről.

Tavalyi évkönyvünk szerint 1970 áprilisában a Csillagászat Baráti Körének 3000 nyilvántartott tagja volt. Most egy évvel később ez a létszám meghaladta a 4300-at. A Baráti Kör öt és fél éves múltjának legnagyobb ütemű fejlődését tükrözi ez a szám.

Mintegy két éve annak, hogy a budapesti Uránia távesőtükrökkel látja el az amatőröket. Ez idő alatt 10–50 cm átmérőig pontosan 500 félig kész, vagy kész tükröt bocsátottunk a Baráti Kör tagjai rendelkezésére. Többen más úton szereztek be tükrükhöz az üvegkorongot. Az elkészült távesövekről a Föld és Ég folyamatosan közli a fényképeket.

Törekvésünk az, hogy a diákok legalább annyit lássanak az égből, amennyit Galilei ezelőtt 361 évvel meglátott. Propagáljuk ezért az egyszerű, 20 Ft-ból előállítható táveső tömeges készítését. Sok ezer ehhez szükséges egydioptriás szemüveglencsét adott el az Uránia bolt az elmúlt évben is. Kérésünkre most a MOM legyárt egyelőre 5000 db egydioptriás síkdomború lencsét, aminek sokkal jobb a leképezése, mint az erősen homorú-domború szemüveglencséé. Az egyszerű Kepler távesövet ez évben, Kepler születésének 400. évfordulójára sok iskolában

tömegesen elkészítik. Szigetszentmiklós 100, Ózd 500 ilyen táveső elkészítését határozta el.

Különösen fontosnak ítéljük mozgalmunk megismertetését olyan tanintézetekkel, főiskolákkal és egyetemekkel, amelyeknek végzős szakemberei az egész ország területére szétszóródnak. Nemrég kapta meg új 30 cm-es reflektorát a nyíregyházi Tanárképző Főiskola, készül az egri Főiskola 30 cm-es Cassegrain távesőve. Máris igényt jelentett be a pécsi tanárképző Főiskola 30 cm-es távesőre.

Részt vettünk a Csináld Magad mozgalom III. Országos kiállításán 1970 szeptemberében. Ezt megelőzően a TV újból levetítette a Hobbym a csillagos ég c. kétrészes filmet, szép számmal volt az elmúlt évben ismeretterjesztő és riport műsor a tv-ben és a rádióban és főként ennek köszönhető, hogy mozgalmunk híre eljut a kisebb településekre és tanyákra is. A csillagászat és űrkutatás felé fordították széles tömegek figyelmét az Apollo vállalkozások, a Luna-16 és Luna-17 sikeres útja, valamint Gagarin űrrepülésének 10 éves évfordulója alkalmával rendezett sok megemlékezés, kiállítások és vetélkedők. Örömmel üdvözljük az újabban érkezett sok, igazán kitűnő színes szovjet filmet, amelyek az egész országot bejárják a Század riportja c. új magyar filmmel együtt.

A távesőépítés iskolája címen cikksorozatot közölt a Föld és Ég, és külön kis könyvben kiadtuk a távesőtükör házi készítése címen a tükör házi készítésének tudnivalóit, amiből a jelek szerint hamarosan új kiadás válik szükségessé.

Annak dokumentálására, hogy az elkészülő sok táveső legalábbis túlnyomó része betölti hivatását sok szemelvényt közlünk a Föld és Ég Baráti Köreink c. rovatban azoknak élményeiről, akik a távesőveken át látták életükben először a Hold hegyeit és a Szaturnusz gyűrűjét. Barátaink azonban a távesövet megfigyelésre is szeretnék felhasználni. Ezt az igényt pedig az tükrözi leghívebben, hogy az 1971. januártól kéthavonta kiadásra kerülő megfigyelési tájékoztatóra a „Meteor”-ra az első három hónapban 400 Baráti Kör tag fizetett elő és úgy látszik, hogy a tervezett 500 példány is kevés lesz. A megfigyelési tevékenységről beszédesen tanúskodnak az egész országból érkező megfigyelési adatok, amelyek ifj. Bartha Lajos feldolgozásában és összeállításában látnak napvilágot a Meteorban.

Mozgalmunk számszerű adatait és a munka intenzitását tekintve Fejér megye áll Budapest után az első helyen. Az élvonal legelejére zárkózott fel az elmúlt évben különösképpen megerősödött Borsod megye és Békés megye. Erőteljesen fejlődik még Baranya megye és Szolnok megye, valamint Veszprém megye. Külön ki kell emelnünk Gyöngyösön Zombori Ottó és Veszprémben Vértés Ernő lelkes munkáját, aminek révén nemcsak a Baráti Kör tagok száma emelkedett nagymértékben, hanem nagyszámú új táveső is készült és készül.

Új 30 cm-es távcső épül Sátoraljaújhelyen, Békésen, Komáromban, Kaposváron, Esztergomban, Veszprémben, Sopronban, Budapesten intézmények és magánosok részére, de mindegyik azzal a céllal, hogy a széles körű ismeretterjesztést szolgálja.

Szólnunk kell még terveinkről és reménységeinkről is.

Régi törekvésünk meggyőzni az oktatás szerveit, hogy nagyon hasznos lenne legalább kísérletképpen ott, ahol a személyi felételek megvannak, félfüggetlenített pedagógusokra bízni egy-egy megye szakos tanárainak csillagászati képzését és a meglevő bemutató csillagvizsgálóban a csillagászati ismeretterjesztést. Ezt eddig csak Ózd valósította meg. Bízunk abban, hogy az intézményes, hivatalos támogatásnak ez a formája más megyékre is kiterjed majd.

A Baráti Kör tagság létszámát és a hazai amatőrtávcsövek számát tekintve a lélekszám alapján a világ élvonalába kerültünk. A munka tartalmát illetően még sokat kell fejlődniünk. Az alapokat leraktuk, elkezdődött valami és a fejlődésre nagyszerű perspektívák nyíltak.

Ma még fel sem tudjuk mérni a lehetőségeket, amelyeket az épülő nagy Planetárium nyit meg számunkra. Nemcsak a korszerű és tömegmértű csillagászati ismeretterjesztés fellegvára lesz ez, hanem egyben a magyar amatőrmozgalomé is.

A Planetárium 500 személyes nagy előadóterme évente többszázezer látogatót fogadhat, optikai és mechanikai műhelyben magunk készítjük a távcsőalkatrészeket és kész távcsöveket, eladó helyiségében vásárolhatók lesznek írásos anyagok, térképek, és szemléltető képek és diapozitívek. Mindezt olcsón és nagy tömegekben bocsátjuk az érdeklődők rendelkezésére.

További nagy álmunk valahol a pestkörnyéki hegyekben a városi fényektől távol Megfigyelő Állomás létesítése — ha lehetséges — egy méteres távcsővel és fotokamerákkal. Itt adnánk lehetőséget a hazai és a szomszédos államok amatőrjei számára tudományos értékű megfigyelésekre, itt kapnának előképzést azok a diákok, akik szakcsillagászoknak készülnek és ez lenne a gyakorló helye azoknak az előadóknak és szakkörvezetőknek, akik saját körükben — ha kisebb műszerekkel is — megfigyeléseket szerveznek.

BUDAPEST

A budapesti Uránia Csillagvizsgáló egyben országos központja az országra kiterjedő hálózatnak. Munkáját, örömeit és gondjait a részletes bevezetőben elmondottuk. A fővárosi ismeretterjesztés azonban nem korlátozódik a budapesti Urániára és annak citadellai részlegére. Igen szép munkát végez a csepeli új Munkásotthon 50 cm-es távcsővel ellátott csillagvizsgálója Lajtai István vezetésével. Előadássorozatokon a mi csiütörtöki sorozatunkhoz hasonló ismeretterjesztő munkát végez-

nek. A távcsőépítő szakkörben mintegy 15 távcső készül. Az úttörő korosztályúak számára igen jelentős munkát végez Rosta Zoltán vezetésével a Hámán Kató Úttörőház csillagvizsgálója. Ez egyben az egész úttörő mozgalom reprezentatív intézménye, amit sok külföldi csoport és delegáció is meglátogat. Ugyancsak Rosta Zoltán irányítja a pesti Erzsébeti Vasas kultúrotthon „Csili” csillagvizsgálóját. Az újpesti Könyves Kálmán Gimnáziumban tavaly avatott csillagvizsgáló Flórik György tanár és Erdős Tamás mérnök vezetésével két szakkört működtet, a 25 cm-es távcső teljes kihasználása az oktatásban, a népművelésben és a megfigyelésekben most van kibontakozóban.

30 cm-es távcsövet épít a fehértvári úti Szakközépiskola, amely remélhetőleg ez évben megkezdí működését.

Az Uránia ismeretterjesztő munkája az eddigi szűk keretek között folyt az elmúlt évben. Rendkívüli mértékben megszorodott a postai forgalmunk, ami tartalmi munkánknak csupán külső jele. A távcsőtűkór rendelések, a Baráti Kör tagsági igények, a Meteor előfizetések és a szélesedő munkával nagymértékben megnőtt tanácskérő levelek és a velük együtt járó adminisztráció feszíti legjobban a rendelkezésre álló keretet.

A távcsöves bemutatások látogatóinak száma nem nőtt. Az iskolák főként a tavaszi és őszi hónapokban kérnek előadással és filmvetítéssel kísért bemutatásokat. Ezek az időszakok jó idő esetén általában zsúfoltak. Üzemi csoportok és egyéni látogatók számával nem vagyunk megelégedve. Új talán az, hogy egyre gyakrabban jönnek a könyvtárak ifjú olvasói a könyvtárak szervezésében.

A legnagyobb gondot előadótermünk szűk volta okozza. A nagyobb propaganda azt a kellemetlen következményt vonhatná maga után, hogy az érdeklődők számára a 80 személyes előadótermünk szűknek bizonyulna, amint erre a múltban már számos példa volt. Továbbra is a Planetárium minden reménységünk.

Megrendeztük az 1970 őszi és az 1971 tavaszi csütörtöki sorozatot. Munkatársaink számos külső előadást tartottak üzemekben és a Szabad Egyetemen, valamint a csepeli Csillagvizsgálóban.

Az 1970 őszi csütörtöki sorozat előadásai: Róka Gedeon: Forradalom a mai csillagászatban, Szüle Dénes: Az Apollo-13 felbocsátása, dr. Barcza Szabolcs: Újabb eredmények a csillagok energiatermelésének kutatásában, dr. Horváth Árpád: Anglia csillagászati emlékei, dr. Marik Miklós: A naptevékenység közvetlen földi hatásai, ifj. Bartha Lajos: A Hold és bolygószondák eredményeiből, dr. Szimán Oszkár: Az élet kialakulása a bolygókon, Érdi Bálint: A Naprendszer jövője, dr. Almár Iván: Koszmikus krónika.

Az 1971. tavaszi sorozat előadásai: Róka Gedeon: A Mars idej nagy földközelsége, dr. Kulin György: Szputnyikok és űrhajók repülési

ideje, dr. Marik Miklós: A Vénusz-kutatás modern módszerei, Róka Gedeon: Az emberi tevékenység a világűrben, dr. Balázs Béla: A Föld megismerése a világútból, Szimán Oszkár: A század ívmásodpercek világa, dr. Hédervári Péter: A holdkutatás eddigi eredményei, Szüle Dénes: Műszaki problémák a világűrben, dr. Echter Tibor: Az űrbiológia eredményei és problémái, dr. Abonyi Iván: Mit tudunk a galaxisok kialakulásáról.

A sorozatok iránt megnyilvánuló érdeklődés kielégítő volt, több esetben zsúfolásig megtelt kis előadótermünk.

A Budapesti Szervezet Kis Matematikusok szakkörének több csoportja az Urániában tarotta foglalkozásait. Az Urániában működik kéthetenként a Kis Csillagászok szakköre is.

Az Uránia Csillagvizsgáló és a citadellai részleg látogatottsága valamilyen túlhaladta az évi 50 000-et, főként azért, mert az elmúlt időszakban nagyobb volt a Citadella látogatóinak száma.

Az Uránia bemutatásaiban, előadásaiban és a szakköri előadásokon a legaktívabb munkatársaink voltak: Bán András, Bárczi Tibor, Erdős Tamás, Fejes Lajos, Gellért András, Hegyessy Péter, Kelemen János, Kenéz István, Kovács Zoltán, Nagy László, Peringer Miklós, Piroska György, Pócs Mihály, Ponori Thewrewk Aurél, Sarkadi Nagy István, Schalk Gyula, Szécsy Ilona, Szüle Dénes, Torma Tibor és 1971. januártól ifj. Bartha Lajos.

Személyi ügyek

Igazgató: dr. Kulin György

Igazgató helyettes: Ponori Thewrewk Aurél (részfoglalkozásban)

Gondnok: Nagy Ferenc

Gazdasági ügyintéző: Bársony Bertalané

Házfelügyelő-takarító: Nagy Ferencné

Vezető műszerész: Orgoványi János (félállásban)

Műszerészek: Hernádi Károly, Mike Jenő (meghalt), Reindl János (részfogl.)

A Budapesti Uránia Csillagászati-Űrkutató Szakköre

Több mint tíz éve tartja kéthetenkénti foglalkozásait a budapesti Uránia állandó szakköre. Fő célja a szakmai ismeretek megalapozása, bővítése és mélyítése, és mindig beszámol a csillagászat és űrkutatás terén elért újabb eredményekről, megfelelő méltatással. Emellett az önként jelentkező tagtársak az általuk választott témák kidolgozása és a szakkör tagjai előtt, kiselőadások formájában való előadása által gyakorlatot szerezhetnek az esetleges későbbi ismeretterjesztő munka terén. A beszámolási időszakban még hangsúlyozottabban törekedtünk arra, hogy a Csillagászati Választmány által meghirdetett levelező tan-

folyam alap- és haladó fokú kérdései minél nagyobb számban szerepeljenek a kidolgozásra kerülő témák között. Különös gondossággal tárgyaljuk meg azokat a kérdéseket, amelyek helyes megválaszolása körül a tanfolyam vizsgáin nehézségek mutatkoztak. Ilyenek pl. a Föld forgásának, ill. Nap körüli keringésének fizikai-esillagászati bizonyítékai. A kiselőadásokat mindenkor szakmai-módszertani kritika, méltatás és esetleges kiegészítés követi. Bizonyára ezeknek az előkészítéseknek tudható be, hogy a jelen beszámolási időszakban 15 szakköri tag tett vizsgát, és közülük 12 „kiváló” fokozatot ért el.

Az Uránia vezetősége a sikeresen vizsgázott és más szempontból is megfelelő fiatalok köréből választja ki az ismeretterjesztő munkába, illetve az Uránia megfigyelő és egyéb munkáiba bevonható munkatársakat. Így lettek újabban az Uránia külső, társadalmi munkatársai Bán András, Peringer Miklós és Pócs Mihály. Mint bemutatók már szerepelnek az Urániában és a citadellai bemutató részlegnél.

A beszámolási időszakban a szakkörben a következő fontosabb vagy érdekesebb előadások hangzottak el:

Nagy László: Égi távolságmérés I – III.

Piroska György: Műszaki problémák az űrkutatásban.

Dr. Személyi Kálmán: Égi mechanikai feladatok.

Vavra László: Űstökösök és meteorok I – II.

Érdekesesek voltak még az időfogalomról, az égi koordinátarendszerekről és különféle űrkutatási részproblémák ismertetéséről szóló előadások. Különös figyelemmel kísértük a Luna-16, a Lunahod-1 és az Apollók útját.

Az elméleti foglalkozásokat az évszakonkénti csillagos égbolt-ismertetés egészítette ki a szabad ég alatt, távcső mellett. A szakkör sok tagja vett részt az 1970. május 9-i Merkúr-átvonulás, az október 31-i Vénusz-okkultáció és az 1971. február 25-i napfogyatkozás megfigyelésében.

A „nagy” szakkör mellett az Urániának számos más, kisebb, speciális szakköre működik. A Hold-szakosztály a tranziens jelenségeket megfigyelő világhálózatba (LION) kapcsolódva végzi munkáját. Tovább folyt a változócsillag-észlelő csoport munkája is, és igen eredményesen dolgozik a fotoszakkör is. A megfigyelő csoportok elektronikában járatos tagjai kidolgozták, megépítették és több-kevesebb sikerrel kipróbálták az észlelési fontos időpontok utólagos, nagy pontosságú kiértékelési eljárását elektromos jelzőkkel, pontosidő-jelekkel és magneto-fonnal. E korszerű módszer mindenképpen megérdemli, hogy egy alkalommal részletesebben beszámoljunk róla. Az égi mechanikai munkaközösség különféle, e tárgykörbe eső problémákkal és feladatok megoldásával foglalkozik.

Az országban igen sok szakkörrel tart állandó kapcsolatot a budapesti Uránia szakköre. Több ízben látogatták foglalkozásainkat vidéki szakköri tagok és vezetők — továbbá tömegszervezetek vagy ifjúsági folyóiratok munkatársai. A Magyar Rádióban 1971. április 9-én közvetített úrkutatási ki-mit-tud versenyen az Uránia középiskolás munkatársaiból és szakköri tagjaiból 10-en vettek részt. A színvonalas, fordulatos versenyt Nagy László nyerte — Torma Tibor és Bárczi Tibor előtt. A nyertesek értékes tárgyjutalomban is részesültek.

FÚZFŐI CSILLAGVIZSGÁLÓ

A csillagvizsgáló tagsága számára jól kezdődött az 1970-es év, ugyanis az előző évi Veszprém megyei műszaki szakkörök versenyében úgy a felnőtt, mint az ifjúsági szakköreink első helyezést értek el. Ennek eredményhirdetésével kezdtük ez évi munkánkat.

Ez évben is folytattuk az ifjúsági szakköri foglalkozásokat az Országos Választmány tematikája alapján, valamint a felnőtt szakköri klubfoglalkozásokat, amelyek az előadói továbbképzést is szolgálták.

Ezen kívül szeptemberben — az iskolaév megkezdésével — beindítottunk egy kezdő ifjúsági szakkört is, amelynek tematikája fokozatos felkészülést biztosít, a tagság csillagászati alapismeretének alapos megszerzéséhez.

Igen nagy sikere, és látogatottsága van a hetente két alkalommal, hétfőn-pénteken tartott ügyeletünknek, amikor jó idő esetén, esetenként 5–10 sőt több látogatót is fogadunk.

A megyében sikerült igen jó kapcsolatot kiépíteni a TIT szervezetével, illetve a népművelési tanácsokkal és így ma már nagyon kevés azoknak a községeknek a száma, ahova nem jutottunk el előadásokkal, illetve távcsöves bemutatóval.

A megye nagyobb üzemeiben több munkásakadémia működik, amelyek között már önálló csillagászati tagozatúak is vannak, és ez az eredmény a hosszú évek kitartó munkájának egyik szép sikere.

Örömmel vettük, hogy szakosztályunk egyik tagja — az egyébként is Veszprémből kijáró Vértés Ernő — lelkes munkája nyomán sikerült a megyeszékhelyen megalakítani egy csillagászati szakkört, amelynek alapító ülésén dr. Kulin György is részt vett.

A Csillagászati Hét eseményei is nagy érdeklődést váltottak ki, de sajnos az időjárás nem nagyon kedvezett az akkori bemutatónak.

Kedves, és nagyon szép színfoltja volt ez évi munkánknak, hogy a nagy árvíz által sújtott területek újjáépítéséhez, illetve megsegítéséhez csatlakozva a Csillagvizsgáló tagsága felajánlotta segítségét, hogy társadalmi munkában elkészítünk egy 15 cm-es Newton távcsövet, és azt a megyénk által helyreállított község iskolájának adományozzuk.

Ez az esemény a Csillagászati Hét záróakkordjaként október 17-én Nábrádon zajlott le igen bensőséges körülmények között, a Szabolcs-Szatmár megyei TIT szervek részvételével.

Az év vége még egy megerőltető, de szép munkát tartogatott számunkra, ugyanis az Apolló-program filmjeit akkor kaptuk meg. A téli, hófúvásos, ködös időjárási körülmények között, több mint 2500 km-t tettünk meg saját gépkocsival, hogy a megyében mutatkozó ez irányú igényeket ki tudjuk elégíteni.

*Lendvai László
a Csillagvizsgáló vezetője*

LENINVÁROS

A múlt évi Évkönyvben már említés történt arról, hogy Leninvárosban megkezdte működését a 30 cm-es távcsővel, kupolával és szakköri helyiségekkel az új csillagvizsgáló. Hosszú évek erőfeszítéseinek és mindazok, így Papp Lajos volt borsod megyei VB elnök, Kovács Miklós leninvárosi első párttitkár, Kovács Albert városi VB elnök, Zagyvai Béla a Tiszai Erőmű igazgatója, Huszár Andor a Tiszai Vegyi Kombínát igazgatója, Bodnár János gimnáziumi igazgató, Pirkala Ferenc az Iparitanuló Intézet igazgatója, Dénes Sándor a Tiszai Erőmű főmérnöke, Pusztai Gyula városi TIT titkár, valamint a távcsövet megépítő fizikai dolgozók segítségével és munkájának volt köszönhető, hogy Borsod megyében a miskolci és az ózdi Uránia mellett most már a leninvárosi Uránia is egyik központjává válhat a csillagászati ismeretterjesztésnek.

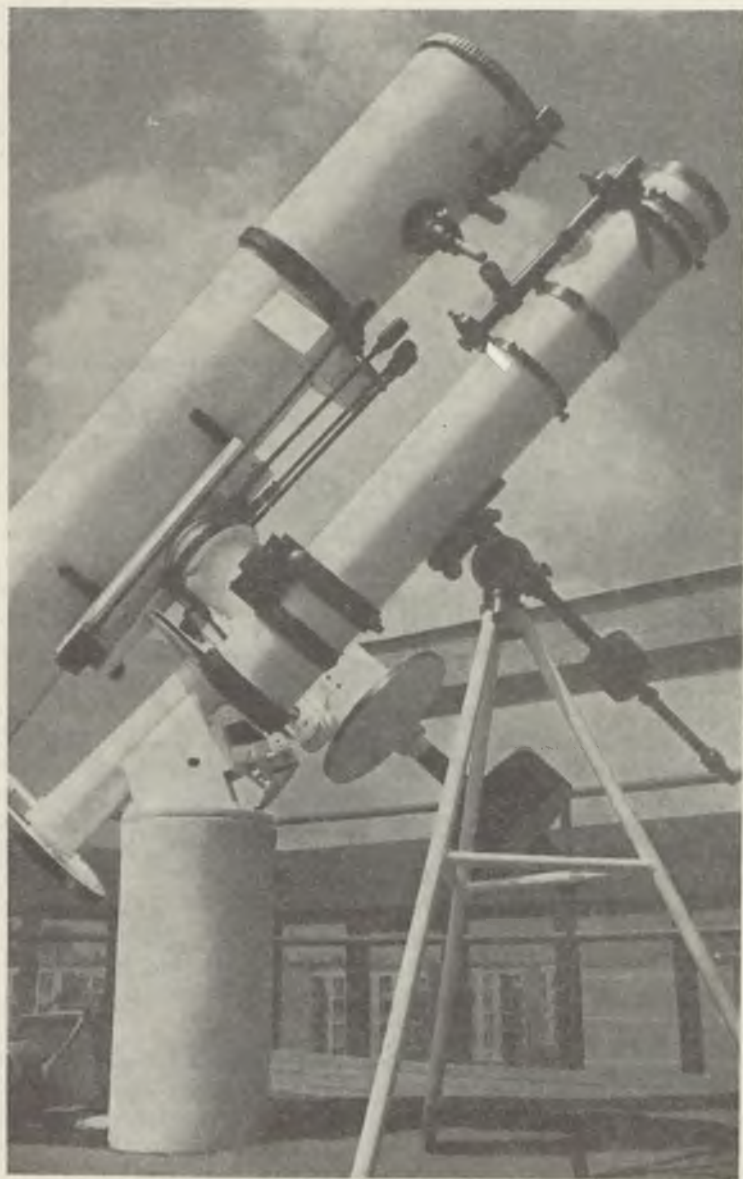
1970. május 19-én avattuk fel csillagvizsgálónkat, de máris továbbfejlesztésének tervével foglalkozunk. Van rá kilátás, hogy a következő 5 éves tervben 50 cm-es távcsövet fogunk készíteni. Lajtai István a Csepel Művek Munkásotthona Csillagászati Szakkörének vezetője rendelkezésünkre bocsátotta az ottani 50 cm-es távcső teljes tervdokumentációját, a leninvárosi Gimnázium és Szakközépiskola tanműhelyei vállalták a távcső megépítését.

*Dalnoki János
a leninvárosi Uránia vezetője*

MISKOLC

A Csillagvizsgáló kupola alatti előadótermében minden hétfőn este a nagyközönség, üzemi, vállalati csoportok részére aktuális témáról előadást, melyet minden esetben színes diafilm, vagy mozgófilm vetítéssel kötiünk egybe, és ezt követően távcsöves bemutatót tartunk. A hallgatóság létszáma 20 és 40 fő között váltakozik.

Minden pénteken este 18 órától az általános és középiskolai tanulók részére — az iskolai tanterv és tananyag csillagászati részét kiegészítő —



17. ábra. A leninvárosi Uránia távcsöve

oktatójellegű előadást és távcsöves bemutatást tartunk. Cél: az iskolai tananyag jobb és mélyebb megértése, alapvető természeti törvények megismertetése. Főbb témák: Mi a látszat és mi a valóság a csillagos égen? Földünk helyzete a térben, a Naprendszerben és a Világmindenségben. Szeptembertől júniusig havonta 6–8 csoportot fogadunk, ezen csoportok átlagos létszáma 35–40 fő.

A tematikánkban szereplő előadásokon felül előre bejelentett csoportok (főleg iskolai) részére más napokon is tartottunk filmvetítéssel egybekötött előadásokat, sőt számos esetben a színes úrkatatási filmeket iskolákba, kollégiumokba (Kilián, Földes gimnázium, 3. sz. Ip. Szakközépiskola, Petőfi, Kohó Kollégium stb.) is kivittük, ahol igen népes hallgatóságunk volt.

A Magyar–Szovjet Baráti Társaság budapesti filmtárából „A szovjet úrkatatás 10 éve” és a „Talányok bolygója” című színes szovjet filmeket 1970. szeptember 10-től december 16-ig kölcsönkaptuk.

Az őszi folyamán „A szovjet úrkatatás 10 éve” c. filmet 31 esetben 2574 fő, „A talányok bolygója” c. filmet pedig 25 esetben 2077 fő hallgatónak vetítettük. A szovjet úrkatatás 10 éve c. filmet az év első felében is több alkalommal vetítettük, többek között február 13-a és 18-a közötti időben 16 alkalommal, melyet 805 fő nézett meg a következő helyeken: Gárdonyi Művelődési Ház, Kilián gimnázium, 3. sz. Ipari Szakközépiskola, Vasgyári Kórház és a Csillagvizsgálóban több alkalommal.

Az év folyamán az Apolló filmeket is vetítettük, az érdeklődés ezeknél is nagy volt.

Az Uránia személyi állománya:

dr. Szabó Gyula adminisztratív és gazdasági ügyek intézője,
Varga Pál (†) műszerek karbantartása, műszaki ügyek intézője,
Hunyadi György szakkörvezető,
Szokira Teréz belépőjegyek kezelője és
Hartl Lászlóné özv. hivatalsegéd-takarítónő.

Az állomás, illetve a Csillagvizsgáló évi üzemeltetésére a Miskolc Városi Tanács Művelődésügyi Osztályától évi 16 000.— Ft összeget kapunk rendszeresen.

A Miskolc város III. kerületi Tanácsától műszerek beszerzésére 1970-ben 15 000.— Ft-ot kaptunk, melyen egy db nagyképernyős televíziót és a nagy távcsőre fotofelszereléseket szereztünk be.

Könyvtár gyarapodásunk 1970-ben 34 db szakkönyv 1115.80 Ft értékben.

Színes dia-szemléltetőtárunk pedig az év folyamán kb. 200 színes diafilmmel növekedett.

Az Észak-magyarországi Áramszolgáltató Vállalattal a Csillagvizsgáló 10 amperes óráit 25 amperes órákra kellett átcsereltetnünk, mivel teljes üzemeltetés esetén a 10 amperes órák nem bírták a terhelést (a kupola motorja miatt elsősorban).

A Borsod megyei Építőipari Vállalat október hó folyamán patronálási alapon a Csillagvizsgáló kupoláját kívül-belül ezüsfestékekkel lefújta, a műszereket és műszerbódékat részben festékek, részben csónaklakkal lefestette, a kupola alatti előadótermet, a fotolaboratóriumot, az előtereket, illetve ezen helyiségeket lefestette. A végzett munka értéke kb. 15 000 Ft. Az Építőipari Vállalat vezérigazgatójának Vincze Géza elvtársnak, és főmérnökének Harmos Károly elvtársnak ez úton is köszönetünket fejezzük ki.

A Csillagvizsgálóban 1970. év folyamán két szakkör működött, és pedig egy általános csillagászati és egy asztrogeodéziai; az általános az Ady Művelődési Házhoz, az asztrogeodéziai pedig a 3. sz. Ipari Szakközépiskolához tartozóan.

A miskolci 3. sz. Ipari Szakközépiskola földmérő tagozatának hallgatói közül mindazok, akik az ürgeodéziával hivatásszerűen kívánnak foglalkozni, a szakkörön belül megismerkedhetnek a mesterséges holdak megfigyelésének geodéziai módszereivel, a mesterséges holdak típusaival, az észlelések gyakorlati végrehajtásával és betekintést nyernek a mesterséges holdakkal kapcsolatos kutatómunkába.

Az asztrogeodéziai szakkör dr. Szabó Gyula vezetésével októberben alakult, azóta rendszeresen két hetenként tartja foglalkozásait. A szakkör létszáma 25 fő. A foglalkozásokon átlagban 18–20 fő vesz részt.

Az ált. csillagászati szakkör Hunyadi György (katonai szolgálati ideje alatt Veres Ferenc) vezetése alatt az első félévben 23, a második félévben 18 szakköri foglalkozást tartott. A foglalkozáson átlagban 21 fő vett részt. A szakkör jelenlegi létszáma 28 fő. A nyári iskolai szünet időtartama alatt a szakkör tagjai közül Molnár L., Szeghő J., Sebők L. és Boók I. rendszeresen végezték a Hold időszakos fényjelenségeinek megfigyelését.

A szakkör tagjai közül öten az országos csillagászati tanfolyam anyagából szép eredménnyel vizsgáztak: Szeghő János és Förster Gyula kitűnő, Bók István, Mertusz István és Sebők László jó eredménnyel.

*dr. Szabó Gyula
az Uránia vezetője*

ÓZD

Az 1970. május 26-án átadott ózdi csillagvizsgáló abban a megtiszteltetésben részesült a TIT Országos Csillagászati Választmánya által, hogy az épület falára feltehattük az Uránia megtisztelő címet. Az 1971. évi Csillagászati Évkönyv részletesen ismerteti az Urániánk létrejötté-

nek körülményeit, felszereléseit. A jelen beszámolási időszakig (1971. márc. 31.) a korábbi évekhez viszonyítva mennyiségi és minőségi változások történtek a csillagászati és űrkutatási ismeretterjesztés területén városunkban.

1971. márc. 31. óta 14 nagy előadás	1652 fős hallgatóságnak
11 kis előadás	274 fős hallgatóságnak
44 szakköri fogl.	992 fős hallgatóságnak
24 ált. isk. csop.	1581 fős hallgatóságnak
41 csill. megfigyelés	233 fős hallgatóságnak
5 szoc. brigád	110 fős hallgatóságnak
Összesen:	139 alkalommal
	4842 fős hallgatóságnak

E számszerű növekedést az tette lehetővé, hogy 1970. szept. 1-től a Városi Tanács VB Művelődésügyi Osztálya a csillagvizsgáló ügyének intézésére heti 3 alkalommal szabadnapot biztosított részemre. A város általános és közép fokú iskoláinak javasolta, hogy évi egy alkalommal

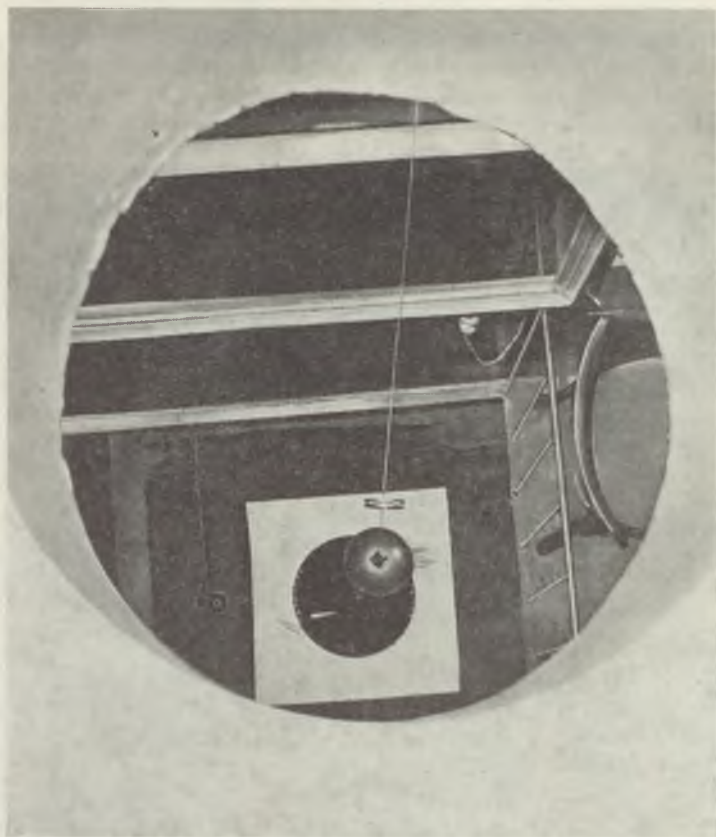


18. ábra. Az Ózdi Népművelési Intézmények Uránia Csillagvizsgálója

tanulmányi kirándulást tegyenek a csillagvizsgálóba, ahol derült idő esetén távcsöves bemutatót, borult idő esetén pedig dia- és mozgófilmvetítéssel egybekötött előadást, valamint kísérleteket tekinthetnek meg.

Az előző évi Évkönyvben leírtak mellett külön kiemelem a középiskolás tanulók részére bemutatható kísérletet a Foucault-ingával, a nehézségi gyorsulás „g” mérését, valamint a plazma fizikai tulajdonságának bemutatását. Mindkét kísérlet további finomításokat igényel még. (Elektromos stopper, Stark-effektus kimutatása.) A 20 cm-es reflektorunkat ultraviola fényben való fényképezéshez tökéletesítjük.

Urániainkban egy kezdő és egy haladó szakkör működik. A Csillagászat Baráti Körének jelenleg Ózdon 115 tagja van, akik közül 13 csiszol



19. ábra. Az ózdi Uránia aknába sülyesztett Foucault ingája felülnézetben

magának 10–30 cm átmérőjű tükröt. A távesőépítők és érdeklődők tapasztalatcseréire mód és lehetőség van a csillagvizsgálóban, melyet ki is használnak.

Szerény szakkönyvtárunkban 32 könyv és 6 hazai és külföldi folyóirat áll a tagság rendelkezésére.

A Csillagászat Baráti Köre által meghirdetett amatőr megfigyelési programban több szakköri tag tevékenykedik, akik közül Ágocs László és Ihász Zoltán észlelései számontevőek. A távesőépítésben és műszerezésben Klinecz Károly, Valkó Dezső, Orosz Mihály, Varga Tibor és Tóth Gyula tagtársaink tevékenysége jelentős.

Az Ipari Szakmunkásképző Iskola érdeklődő fiataljai — akik az építkezésnél is jelentős munkát végeztek — kérték, hogy iskolájukban alakíthassanak egy szakkört. Ennek vezetését Karika Zoltán elvállalta, mi pedig egy 30 cm átmérőjű félkész tükrrel ajándékoztuk meg őket.

A Városi Központi Politechnikai Műhely Garay József tanár vezetésével Kepler születésének 400. évfordulója alkalmából lehetővé tette, hogy Kepler és Galilei-féle távcsövet készítsenek a gyerekek a politechnikai órák keretében. Ezzel a kb. 500 db távcsővel az iskolák szer-tárait, valamint az arra érdemes tanulókat fogják megajándékozni.

*Elek Imre
az Uránia vezetője*

SZÉKESFEHÉRVÁR

1961 őszére nyúlik vissza munkásságunk kezdete. 1967 szeptembe-réig egy 15 cm-es reflektorral folytattuk csillagászati ismeretterjeszté-sünket, mert e hónap végén megrendezett Csillagászati Hét keretében munkába állítottuk a Székesfehérvár város üzeminek példamutató összefogásával készített 30 cm-es, Newton-szerelésű távcsövet. Elhe-lyezése — sajnos — nem a legkedvezőbb. A Vidám Park óriás kerekének emeleti terasza. Annak idején azonban nagy segítség volt a TIT szá-mára, hogy az intézmény igazgatója: Mayer Ferenc elvtárs, „szállást” adott. Az ő vendéglátását élvezzük a mai napig is.

Már 1967-ben, az új táveső megnyitása idején ismert volt, hogy be-mutató távesővünk, egyszer majd, a megépítendő „Ifjúság Háza” tetőzetére kerül. Akkor azt reméltük, nem kell sokáig várnunk.

Az elmúlt év kora tavaszán reményt keltő esemény történt. Napi-rendre tűzték az Ifjúság Háza építésének ügyét. Itt említjük meg — egyben köszönetet is mondunk a Városi Tanácsnak, személy szerint Gubics István és Kocsa László elnökhelyettes elvtársaknak, akik messzemenően támogatták a TIT Uránia csillagvizsgálójának meg-felelő elhelyezése ügyét.

Még 1969-ben a székesfehérvári VIDEOTON gyár megajándékozta Urániánkat egy ipari tv-kamerával. Megfelelő hely hiányában a mo-

nitort egy kb. 50 m távolságban levő helyiségben helyeztük el. Ide kábelösszeköttetést építettünk ki. Időközben azonban a helyiséget más célra vette igénybe a Vidám Park igazgatósága, így a nagy várakozással kísért televíziós bemutatásokat nem tudtuk megvalósítani.

Uránia bemutató csillagvizsgálónk az 1970-es évben tovább népszerűsödött. Az év első hónapjában „Tájékoztató”-t nyomattunk 3000 példányban és azt eljuttattuk minden jelentősebb intézménynek, üzemnek, iskolának és a Baráti Kör valamennyi tagjának.

Urániánk kedden és pénteken tartotta távcsöves bemutatóit, előzetesen bejelentett csoportoknak a hét bármely napján. Az általános iskolák VIII. és a középiskolák IV. osztályos tanulói a tavaszi és őszi hónapokban — előzetesen összeállított program szerint — látogatták az Urániát, hogy a Tanmenet szerinti elméleti anyagot élményt nyújtó szemlélettel egészítsék ki. Az a tervünk, hogy egyetlen tanuló se kerüljön ki az ált. iskolák nyolcadik osztályaiból, hogy legalább egyetlen egyszer ne legyen élménye távcsöves megfigyelésben, nagyrészt megvalósult. Mindössze egy-két periférikus iskola maradt ki bemutató programunkból.

Igen értékesek és hasznosak voltak az üzemi munkásakadémiák brigádjai részére tartott bemutatók. Nemegyszer a késő éjszakai órákba nyúltak a csillagos égholt alatti beszélgetések. Öröndetes az a nagy érdeklődés, amely a fiatalok részéről megnyilvánul. Nem passzív résztvevői és szemlélői a bemutatóknak, hanem kérdéseikkel eligazítást, feleletet akarnak kapni hiányos- vagy esetenként homályos csillagászati ismereteikre.

Fiataljainkra azonban nemcsak az általános irányú érdeklődés, hanem a konkrét ismeretszerzésre való törekvés is jellemző. Egyik szép, tavaszi estén történt: üzemi fiatal könyvet szorongat a kezében és újságolja, hogy a brigádja tagjai részére tartott bemutató után fölkereste a megyei könyvtárat, mert szeretné a bemutató során hallottakat kiegészíteni. Ez a fiatal Csukovics Tibor, a VIDEOTON gyár dolgozója volt, aki azóta tagja az Uránia csillagászati szakkörének és elvégezte a Választmány által szervezett csillagászati tanfolyamot is, kiváló eredménnyel. Értékes munkatársunk lett Kusnyér Péter fiatal mérnök is, aki ugyancsak elvégezte a csillagászati tanfolyamot és ezt követően közreműködött az esti bemutatókon.

Urániánk egyre szélesebb körben ismert tevékenységét igen lelkes gárda segíti, támogatja. Munkatársai: Kendrovics Miklós, Major Jenő, Kerkay Andor, Lazarevics József ott voltak a távcső születésénél és ott vannak ma is minden gondjában, bajában, mert ilyen is akad. Az őszi folyamán a távcső mechanizmusában kisebb hibák keletkeztek. A motorikus meghajtás során olyan mértékű rezgés keletkezett, amely gátolta a hosszabb expozíciójú fényképezést. A hiba kiküszöbölésére a

tervek elkészültek, kivitelezését a VIDEOTON gyár egyik brigádja vállalta, Kerkay Andor főtechnológus, vezetőségi tagunk, irányításával. Erre a kora tavasszal kerül majd sor.

Csillagászati szakköreink tevékenységéről nem kívánok részletesen szólni, mert az előző évben arról már beszámoltunk. Csupán az új munkaprogramot szeretnénk megemlíteni, amely az egyik novemberi szakköri összejövetelen született meg, amikor ifj. Bartha Lajos volt a vendégünk. Tervünk az, hogy a szakkör megfigyelő csoportja elkészíti, illetve összeállítja a holdfázisok fotoalbumát. Ennek a programnak végrehajtásán Párniczky József, a megfigyelő csoport vezetője, fáradozik.

Ha a beszámolási időszak kronologikus sorrendjét figyelembe vesszük, akkor még egy jelentős eseményt említhetünk meg. December második felében ülésezett a Városi Tanács VB. Ezen ismét napirendre került az Ifjúság Házának ügye. Urániánk számára igen jelentős határozat született: 1971-ben megbízást adnak az Ifjúság Háza elkészítésére. A vezetőség örömmel fogadta a kedvező hírt s ez arra ösztönözte, hogy előkészületet tegyen a távcső fejlesztésére, modernizálására.

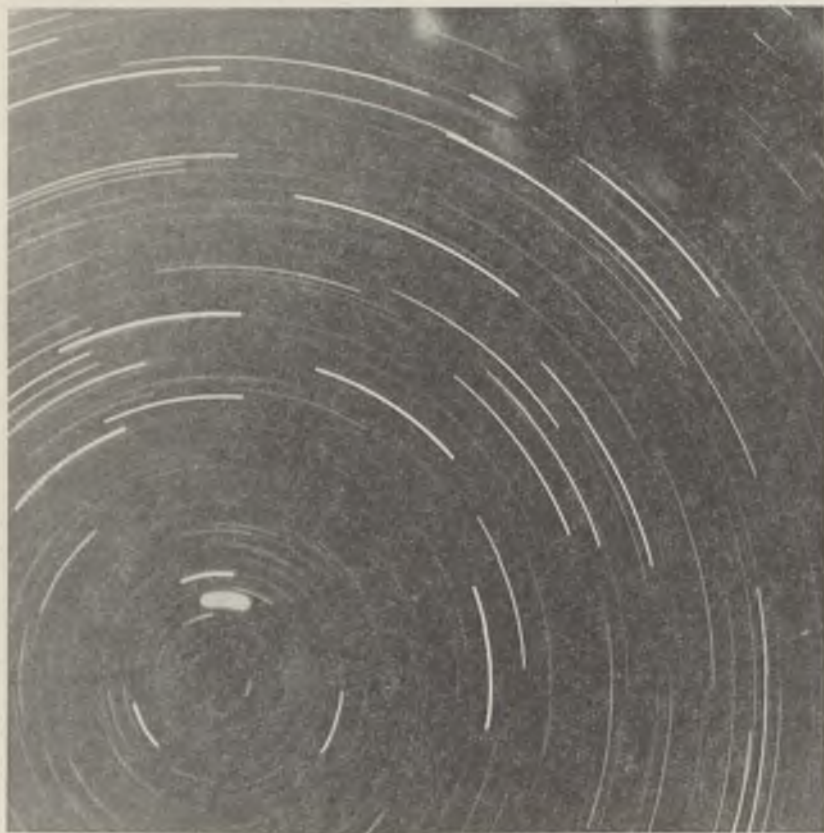
*Hajmási József
az Uránia vezetője*



20/a. ábra

PÉCSI AMATŐRÖK MUNKÁJÁBÓL

Műtermi fényképezőgép Xenar (schneider) 360/4,5 anasztigmáját sikerrel alkalmaztam égbolti felvételekhez. A 20/a. ábra mutatja az erre a célra általam készített berendezést, a tubus végén síkfilm-ka-



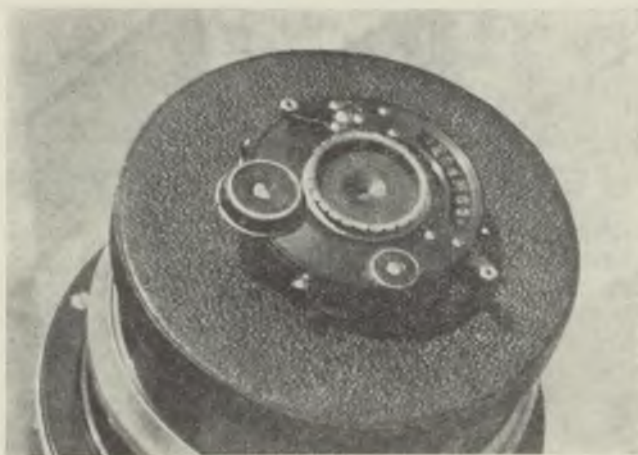
20/b. ábra

zettával. A 20/b. ábrán látható az első próbafelvétel a Polaris környékéről. A leírt ívek hosszából is kiszámítható, hogy a felvétel két óras kinttartással készült, a használt síkfilm NP 27 dines volt.

A2 1/a. ábra az 1970. február 25-i napfogyatkozás főpróbája február 24-én délelőtt készült. A felvétel 1 : 240 fényerővel, 1/10 – 1/50 másodperces kinttartással készült. A rövid expozíciós időket az objektív



21/a. ábra



21/b. ábra

védősapkájára szerelt régi Compur zárral sikerült elérni (21/b. ábra). A felhős idő már a felvétel idején sejtette, hogy másnapra teljesen beborul és a részleges napfogyatkozást fényképezni nem lehet. A „fő-próba” felvétel adatai útmutatásul szolgálhatnak a jövőben hasonló felvételek készítéséhez.

dr. Balázs László

A CSILLAGÁSZAT LEGÚJABB EREDMÉNYEI

A pulzárokkal továbbra is sok csillagász és fizikus foglalkozik. Problémájuk még mindig nyílt. A csillagászok általában megegyeznek abban hogy nagysűrűségű, mágneses, forgó neutron csillagok a pulzárok, de még nagyon megoszlanak a vélemények az emisszió mechanizmusáról és a mágneses tér szerkezetéről.

Az emisszió mechanizmusára következtetni lehet az egyes pulzusok szélességéből és szerkezetéből. Ezek megfigyelése arra mutat, hogy az emisszió helye egy forgó test. Az utóbbi években rengeteg megfigyelést közöltek a sugárzás polarizáltságáról és az eredmények erősen megszürték a felvetett elméleteket. A pulzusok igen gyakran nagyon erősen polarizáltak, vegyesen cirkulárisan és lineárisan és egy pulzus alatt a polarizáció jelentősen változik. A polarizáció-mérések különösen azért fontosak, mert a polarizáció szorosan összefügg a mágneses tér szerkezetével.

Mestel és *Kahn* megkísérelte kiszámítani egy plazmában gyorsan forgó mágneses dipólustól származó térkonfigurációt és a kialakuló anyageloszlást. A rotáló dipólus egyik érdekes tulajdonsága, hogy erős fékező erőknek van kitéve, amelyek eltorzítják a mágneses teret és lelassítják a pulzárt. Így a pulzárok periódusának nőni kell. A fényt megközelítő sebességgel mozgó elektronfelhők forgó mágneses mezőkben csoportokba kötődhetnek össze és mindegyik elektroncsoport egy forgás alatt lead egy sugárzáskitörést, de nagyon nehéz ezzel a modellel a megfigyelt polarizációt megmagyarázni. Általában a rotáló mágneses dipólusok viselkedését jól meg lehet érteni, de a bökkenő a nagyenergiájú elektronok sűrű plazmája a mágneses térben, minthogy ebben nagyskálájú plazma-instabilitások fejlődnek ki és ezek a modellel tett kezdeti feltételeket érvénytelenné teszik. Mikroszkopikus skálán semmit sem tudunk arról, hogyan tesz szert a plazma arra, hogy rádióhullámokat emittáljon. Nyilvánvalóan van valami koherens sugárzásforrás, de úgylátszik ez nem lehet klasszikus maser-processzus. Ki kell még jobban dolgozni az összeütköző plazmahullámokból eredő sugárzás elméletét.

Különben a pulzároknál nemcsak a polarizációs mérések eredményeit nem tudják interpretálni. Így például a Crab-pulzár, NP 0532, a 195 és 430 megahertz közti rádiófrekvencia-tartományban ciklusonként három pulzust mutat: a főpulzust, a közbeeső pulzust és az ún. előpulzust. Az előpulzus nincs meg az optikai spektrumban, szélesebb mint a másik kettő és 100%-osan lineárisan polarizált. Legutóbb meg-
lepetésre az Arecibo-i rádióobszervatóriumban azt találták (*J. M. Rankin, C. Heiles, J. M. Comella ApJ Letters* 1971. Feb.), hogy 430 és 606 megahertz között szintén nem jelentkezik az előpulzus.

Még mindig a Crab-pulzár az egyedüli optikailag is identifikált pulzár. De most a Vela-pulzárhoz tartozó ködöt sikerült legalább megtalálni, éspedig ez, mint *Brandt, Stecher, Meran* és *Crawford* amerikai kutatók állítják, (*ApJ Letters* 1971. Feb.), az ún. Gum-köd. Ezt *Colin S. Gum* ausztráliai csillagász fedezte fel 1952-ben vörös szűrővel készült Schmidt-felvételen. Kiterjedése rendkívül nagy, 50° hosszú, ami megfelel a térben a pulzár távolságában 2600 fényévnek. A galaktikus gáz-ködök, mint ismeretes, általában két csoportba oszthatók, vagy szupernova-maradékok, vagy ionizált hidrogén-ködök forró csillagok körül. A Gum-köd egyik csoportba sem sorolható. Mert egyrészt 1300 fényév távolságra csak egy egészen rendkívüli szupernova dobhatna ki anyagot, és így a Gum-köd nem lehet olyan értelemben szupernova-maradvány, mint a Crab-köd. Másrészt nincs elég forró csillag a Gum-ködben, amely ekkora térfogatban tudna ionizálni. A köd világítását csak úgy lehet megmagyarázni, hogy a 11 000 év előtti (ez az időadat a Vela-pulzár korából adódik) szupernova bocsátotta ki azt a hatalmas mennyiségű ultraibolya fényt, amely ilyen hatalmas térfogatban ionizálni tudta a már előzetesen ott levő intersztelláris hidrogént. Vagyis a köd nem a szupernovából kidobott anyag, hanem a már előzőleg ott levő hidrogén. A köd rekombinációs világítása lassan lecsökken, mert hiszen a szupernova-robbanás óta nincs ott olyan csillag, amely a hidrogént mindig újra és újra ionizálni tudja.

A legnagyobb vöröseltolódást ($z=2,877$) mutató 4C 05.34 quasar spektrumáról részletes analízist publikált *Lynds* a Kitt Peak-ről (*ApJ* 164, I. 73, 1971). Az abszorpciós vonalak csoportokba oszthatók, melyek öt különböző vöröseltolódást adnak. Mindegyik abszorpciós vöröseltolódás kisebb, mint az emissziós vonalakból adódó, amint ez a legtöbb quasar-nál így van. A még nem azonosított vonalak majdnem mindegyike a Lyman alfa vonal rövidhullámú oldalán van, így nagyon valószínű, hogy ezek mind abszorpciós Lyman alfa vonalak különböző vörös eltolódással. Olyan forrásokban, ahol a Lyman alfa a legerősebb, kell látnunk Lyman beta csoportot is. Tényleg, 4C 05.34 színeképében az ötféle abszorpciós csoportból háromnak megfelelő Lyman beta csoport van.

Az optikailag legfényesebb quasar-ról, a 3C 273-ról berkeleyi kutatók röntgensugárzást fedeztek fel (*Bowyer, Lampton, Mack és Menonca, ApJ 161, L 1, 1970*).

Az ismert röntgen-források száma már 50 fölé emelkedett. Ezek közül persze azok a legfontosabbak, melyeket sikerült optikailag, vagy rádiócsillagászatilag azonosítani, mert csak akkor lehet meghatározni a távolságukat és ezzel a röntgenfluxus nagyságát. Az eddigi biztos azonosítások: 6 galaktikus szupernova-maradvány, éspedig a Crab-köd, a Tycho-féle nova, Cas A, a Cygnus-hurok, Vela X és Puppis A; Sco X-1 egy 13. rendű gyors fényingadozásokat mutató kék csillaggal; két fényes rádiógalaxis, Virgo A és Cen A, és a 3C 273 quasar. Valószínű még Cyg X-2 azonossága egy 15. rendű kettőscsillaggal. Gyenge X-sugárzás jön a Nagy Magellan Felhőről.

Evidencia van arra az eddigi megfigyelésekből, hogy Sco X-1 kilovolt fluxusa évenként mintegy 10%-kal csökken, úgyhogy ennek a röntgenforrásnak életideje csak néhány évtized lehet (*Rao, Jayanthi, Prakosarao, ApJ 157, L 133, 1969; Hudson, Pelling, Peterson, Schwartz, Bull. Am. Astr. Soc. 2, 200, 1970*). Új rakéta-megfigyelések szerint az M87 X-emissziója erősen változik. Még nincs eldöntve, hogy a sugárzás a jet-től származik-e (*Byram, Chubb, Friedman, Nature 229, 544, 1971*).

1970 decemberében felhocsátották az első X-sugárzást mérő mester-séges holdat, az (SAS-A)-t. Ezzel kb. százszor javul a mérések érzékenysége az eddigi rakétákhoz képest, egyszerűen a rendelkezésre álló hosszabb megfigyelési idő következtében. Így a 2–20 KeV sávban igen sok új forrás felfedezését várhatjuk. 1973-ban majd felbocsátásra kerül az UK-5 röntgenasztronómiai szatellita, mely kiterjeszti a méréseket a 0,2 KeV – 1 MeV sávra, azonkívül kutatja majd a vonalemissziókat és a polarizációt is.

Még 1968-ban *P. Maffei* olasz csillagász az erős infravörös sugárzást mutató T Tauri csillagok utáni kutatása közben az asiagoi Schmidt-teleszkóppal infravörös fényre érzékeny lemezekben a Cassiopeia csillagképben az IC 1805 ködös halmaz közelében egymástól 40' távolságra két olyan objektumot talált, amelyek közönséges kékérzékenységgű felvételeken egyáltalán nem látszóttak. A koordináták:

Maffei I $2^{\text{h}} 32^{\text{m}} 6 + 59^{\circ} 25',8$

Maffei II $2^{\text{h}} 38^{\text{m}} 2 + 59^{\circ} 23',7$

Californiai csillagászok észrevették, hogy a Maffei-objektumok a Tejút síkjában fekszenek, éspedig a Tejút olyan részében, ahol az intersztelláris fénygyengítés különösen erős. Azt a gyanújukat fejezték ki, hogy ezek közeli galaxisok lehetnek, esetleg a Lokális Rendszer tagjai, amelyeket az intersztelláris por erősen legyengít és vörösít. A Hale, Leusch-

ner, Lick és Hat Creek obszervatóriumokban hozzáfogtak a Maffei-féle objektumok tüzetes vizsgálatához és ezek a gyanút teljesen igazolták.

Az 5 méteres teleszkóppal készült infravörös felvételeken jól látszik, hogy a fényesebb Maffei I objektum E3–E4 típusú elliptikus galaxis, amelynek csak a centrális része jön ki az infravörös felvételeken is és így ezeken is csak 3' átmérőjű. A spektrumának intenzitás eloszlása a 4000–35000 Angström hullámhossz-tartományban megfelel egy óriás elliptikus galaxis erősen vörösödött energieloszlásának. A vörösödés mértékéből megállapítható az intersztelláris fénygyengítés mértéke. A látható fényben a galaxis fényének csak kb. 1%-a jut át az intersztelláris közegeken úgy, hogy ha nem lennének porrétegek előtte, szabad szemmel is látható lenne.

Ugyancsak az 5 méteres teleszkóppal meghatározták a Maffei I radiális sebességét, amely +165 km/s-nak adódott. A vörösetlódás csekélysege mutatja, hogy a galaxis igen közeli, kb. 3 millió fényévre van tőlünk. Abszolút fényességére így (–19)-et kapunk. Ilyen nagy fényesség arra utal, hogy Maffei I tömege a Tejútrendszer tömegével komparabilis (ApJ Letters 1971. Jan.).

Az 1970. június 24-én Westerborkban felavatott új holland rádió-távcső-sorral Oort megvizsgálta a Maffei-galaxisok környékén a 21 cm-es sugárzást. Azt a meglepő eredményt kapta, hogy a Maffei I környékéről nem detektálható sugárzás 0,001 fluxus-egység felett (Nature, 230, 103, 1971). Ez azt jelenti, hogy a galaxis összes rádióenergiája legfeljebb 10^{34} erg s⁻¹, holott óriás elliptikus galaxisok rádióenergiája nagyobb szokott lenni 5×10^{38} erg s⁻¹-nél is.

Maffei II-ről eddig csak annyit tudunk, hogy szintén nagy közeli galaxis, de spirális szerkezetű. Erről normális rádiófluxust figyeltek meg.

A Narrabri-i (Ausztrália) intenzitás-interferométerrel meghatározták a Spica kettős csillag minden fontos paraméterét (Hanbury Brown et al. MN 151, 161, 1971). A megfigyeléseket 1966–70 között 24 éjjelen végezték és minthogy a pályaperiódus csak 4 nap, több teljes cikluson át sikerült követni a csillagot. Az eddigi kizárólag spektroszkópiai mérésekből nem lehetett meghatározni a pályahajlást és így nem ismerhettük a komponensek tömegét sem. Az interferométer direkt adja a pályahajlást és kombinálva az intenzitás-méréseket más optikai adatokkal, a rendszer teljes leírását kaphatjuk. A legfontosabb új eredmények: távolság 84 ± 4 pc, a komponensek tömegei 10,9 és 6,8 naptömeg.

Finsen és Worley publikálták a vizuális kettős csillagok 3. katalógusát (Johannesburg Circ. 129) 696 rendszerrel.

Kemp kidolgozta erős mágneses terekből jövő sugárzás elméletét (ApJ 162, 169, 1970). A fény cirkuláris polarizáltságának megfigyeléséből meg lehet határozni a mágneses tér nagyságát. A módszert alkal-

mázták fehér törpékre. A Grw + 70°8247 fehér törpén találtak először jelentős polarizációt és ebből 10^7 gauss nagyságrendű mágneses mezőre lehetett következtetni! (Kemp et al. ApJ 161, L 77, 1970).

Angel és Landstreet a G 195—19 fehér törpében néhány 10^6 gauss mágneses térre következtetett a 3800—6000 Å tartományban mért $0,42 \pm 0,04\%$ -os cirkuláris polarizációból. 6 más fehér törpére nem kaptak mérhető polarizációt (ApJ 164, L 15, 1971).

Az utóbbi időben igen sok fehér törpét vizsgáltak meg, nem mutat-e rövidperiódusú fényingadozást. Eddig csak egynél találtak ilyet, az Eggen—Greenstein-féle fehértörpe-lista 10. számúnál. A periódus $213^s \pm 1^s$, az amplitúdó mindössze 0,011 magnitúdó integrált fényben. A fénygörbe szinuszalakú (Lasker, Hesser, IAU Circ. 2290).

A rádiócsillagászok által felfedezett intersztelláris molekulák biokémiai fontosságúak kezdenek lenni. Egy sorozat C-vegyületet fedeztek fel, amelyek az organikus kémia alapjai, kiindulva a cyan-gyökkel (CN) egész az 1970 júliusában felfedezett cyanoacetylénig (HCCCN). Így már lehet spekulálni az intersztelláris élet lehetőségéről.

A HCCCN 3,3 cm hullámhosszú emisszióját 1970. július 22-én az Sgr B2 gázködben találta Turner a Green Bank-i nemzeti rádió-asztronómiai obszervatóriumban. A galaktikai centrumban ugyanitt felfedezték a HCOOH molekula 18 cm-es sugárzását (IAU Circ. 2286). 1970. június 1-én Buhl, Snyder a Virginiai Egyetemen megtalálták a hydrogencyanid (HCN) 88,6 GHz emissziót a W49, W51, W3, Ori A, DR 21, Sgr A galaktikus forrásokban.

A HCCCN az első evidencia, hogy C-láncok keletkezhetnek az intersztelláris térben. Az, hogy HCCCN jelen van a csillagok közti térben, valószínűvé teszi az acetylén (C_2H_2) jelenlétét. Ez nagyon reaktív és nagy előszeretettel mutat polimerek képződésére, elsősorban C_6H_6 -ra. Ez a főkomponense egy csomó aminosavnak, különösen pyridinnek, amely a DNA fő alkotórésze. Minthogy vizet már találtak az intersztelláris térben, víz + acetylén reakciójából acetaldehyd (H_3CHO) képződhet, ebből pedig aceton és alkohol. Így, amikor egy bolygórendszer kialakul, már komplikált, az organikus molekulák alkotóelemeit jelentő anyagok kerülnek az új bolygókra, esetleg már primitív élet is.

A ξ Persei távoli ultraibolya színeképében 1970. március 13-án rakétával felfedezték az intersztelláris molekuláris hidrogént. A molekula térbeli sűrűségére kb. ugyanannyi adódik, mint az atomos hidrogénére (Carruthero, IAU Circ. 2252).

1970-ben a következő üstökösök jelentek meg:

1970 a: Daido, Fuji Kawa és Kawai japán csillagászok fedezték fel január 27-én. Februárban szabad szemmel is látható volt néhány napig, 4°-os csóvával.

1970 b: Ez a Pons-Winnecke periódusos üstökös volt, *Elizabeth Roemer* találta meg február 3-án a Steward obszervatórium Kitt Peak-en levő 229 cm reflektorával a kiszámított helyen, amikor fényessége 19 mag. volt.

1970 c: a Kopff-féle periódusos üstökös volt, *Roemer* találta meg február 7-én, mint 19.6 rendű objektumot.

1970 d: Ez a d'Arrest-féle periódusos üstökös volt. Ezt is *Roemer* találta meg március 14-én, amikor fényessége 19 mag. volt.

1970 e: az Ashbrook—Jackson periódusos üstökös volt. *Percyra* találta meg a cordobai 154 cm-es reflektoron március 9-én, 19. rendű fényességgel.

1970 f: White—Ortiz—Bolellt-üstökös. Május 18. és 21. között igen sokan látták meg a Nap közelében, mint fényes, 0,5 mag. objektumot, hosszú csóvával. Legtöbbnyire csak a csóva látszott. Az üstökös a Krentz-féle, a Napot „súroló” üstökös csoportához tartozik.

1970 g: *Abe* japán csillagász fedezte fel július 3-án, amikor 9. rendű volt. Szeptember elején fényessége 6,0—6,5 mag.-ra nőtt fel. Magas pozitív deklinációja kedvező volt megfigyelésére az északi féltekéről.

1970 h: Ez a Johnson periódusos üstökös volt. *Roemer* és *Ellioth* találta meg július 5-én a Catalina obszervatóriumban, mint 19. rendű objektumot.

1970 i: Ez a du Toit—Neujmin—Delporte periódusos üstökös volt, amelyet eddig csak a felfedezése évében figyeltek meg. *Kowal* találta meg július 6-án, a Palomar-hegyi nagy Schmidt-távcsóval. Fényessége ekkor 19. mag. volt.

1970 j: Arend—Rigaux periódusos üstököst *Roemer* találta meg július 27-én, amikor fényessége 20.8 mag. volt.

1970 k: Az 1936 IV Jackson—Neujmin üstököst sikerült *Kowal*-nak a Palomar-Schmidt-tel, szeptember 6-án fényképezni. Ezt a 8,4 éves periódusos üstököst most először észlelték 1936 óta. Összfényessége 14 mag. volt, diffúz koronggal, centrális kondenzációval és rövid csóvával.

1970 l: Ez az Encke-féle üstökös volt. *Roemer* és *McCullister* találták meg szeptember 26-án, mint 18.4 mag. objektumot. 1971. jan. 9-én ment át a perihéliumán.

1970 m: *Suzuki*, *Sato* és *Seki* japán csillagászok fedezték fel október 19-én. Ekkor 7. rendű volt.

1970 n: Ezt *Churymov* szovjet csillagász jelentette Abastumanból november 21-én, de a felfedezés nem igazolódott.

1970 p: *Gunn* találta október 17-én a Palomar—Schmidt-tel, amikor 16. rendű volt.

1970 q: Ez a Väisälä periódusos üstökös volt, *Roemer* és *Callister* találták meg, mint 21 mag. objektumot.

1970 r: *Kojima* japán csillagász fedezte fel december 27-én, amikor 14. rendű volt. A számított elemek hasonlítanak a Neujmin 2 periódusos üstököséhez.

Az 1969-i Bennett-féle üstökös még megfigyelhető volt az egész 1970. év folyamán.

1970-ben a következő novakitöréseket figyelték meg:

Nova Serpentis 1970-et *Honda* japán csillagász fedezte fel február 13-án. A nova 4 rendig fényesedett. A praenova Palomar-hegyi felvételeken 15,8 rendű kékben és 15,4 rendű vörösben. Ez a második nova, amelyről rádiósugárzást is megfigyeltek. A rádióemisszióknak a nova expandáló héjából kell jönnie (*I.R. M. Hjellming, C.M. Wade, ApJ 162, L 1, 1970*).

Nova Aquilae 1970. Ugyancsak *Honda* fedezte fel április 14-én. 7—8 rendű volt maximumban.

Nova Cygni 1970. *Sticonon* fedezte fel a Warner—Swasey obszervatórium objektívprizmás felvételein. Maximumban 3—3,5 mag. volt.

Nova Scuti 1970. *Alcock* fedezte fel július 28-án. Ekkor 7. rendű volt.

Két novát fedeztek fel a Nagy Magellan Felhőben. Egyet *Mac Connell* a michigani Egyetemen március 8-án, egyet pedig *Graham* a Cerro Tololo-n november 5-én. Ezzel a Felhőben felfedezett novák száma hétre emelkedett.

A Nova Persei 1901. októberében 10,9 magnitúdóra fényesedett ki, de aztán ismét elhalványult.

Az év szupernova felfedezései közül a legérdekesebb volt a Lovas által felfedezett az M101-ben (l. a MTA Csill. Int. működése cikket).

Igen érzékeny detektorokkal 11,1 cm-en rádióhullámokat figyeltek meg az Antaresről (*C.M. Wade, R.M. Hjellming, ApJ Letters 1971. Feb. 1*), a Green Bank-i National Radio Observatoryban. Eddig csak olyan pekuláris csillagokról figyeltek meg rádiósugárzást, mint a flare-csillagok, XR-1 Sco, novák és szupernovák.

EXOBIOLÓGIAI MEGFONTOLÁSOK A BOLYGÓK LÉGKÖRÉNEK FEJLŐDÉSÉRŐL ÉS JELENLEGI ÁLLAPOTÁRÓL

1. Bevezetés

Az exobiológia még igen fiatal tudományág, amely a más égitesteken levő élettel foglalkozik. Elsősorban a Földön kívüli életformák után kutat, de tanulmányozza a földi élet idegen égitestekre való áttelepítésének lehetőségeit is. A földi élet áthelyezése nemcsak technikai és természettudományos, hanem társadalmi és gazdasági probléma is. Olyan korban, amikor az ember szülőbolygóját elhagyja, hogy más égitestekre látogasson, egyre gyakrabban teszik fel a kérdést, vajon van-e élet a Földön kívül? Nem lehet azonban minden tekintetben megnyugtató feletet adni, mivel ez ideig még senki sem tudott kinutálni Földön kívüli életet és még inkább, nem is látott ilyen életet. Exobiológiai megfontolások azonban mégis túljutottak a pusztá spekuláción, úgyhogy e helyen tudományos tényeket lehet felsorolni, amelyek azt mutatják, hogy Naprendszerünkben van valószínűsége a Földön kívüli élet létezésének. Tudósok többsége emellett már rég tisztában van azzal, hogy az Univerzumban intelligens élet feltehetően gyakran található, de nem a mi Naprendszerünkben. Mielőtt a továbbiakban megkísérelnénk áttekintést nyújtani a Merkúr, Vénusz, Mars és Jupiter exobiológiájának jelenlegi helyzetéről, röviden át kell tekintenünk a belső bolygók légkörének kialakulását.

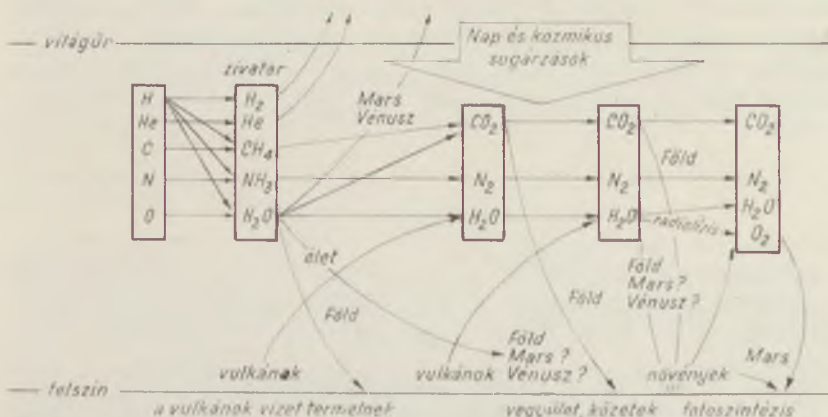
2. Bolygólégkörök evolúciója

A bolygólégkörök kifejlődésének jelenleg legjobban megalapozott és legáltalánosabban elismert modellje *Oparin* szovjet biokémikustól származik és az összes bolygó kezdeti állapotában redukáló légkört tételez fel.

Miután a bolygók és a Nap egy „ősködből” létrejöttek, minden bolygón kialakult az első légkör. Mivel mind a Napban mind a Világegyetemben a leggyakoribb elemek a hidrogén (H_2), a hélium (He), szén (C), nitrogén (N_2) és oxigén (O_2), hidrogén pedig főlegben volt,

az első légkörök hidrogénből, a kémiailag nem reagáló héliumból, valamint a termikus egyensúlyból következően a sorban leggyakoribb elemek hidrogénvegyületeiből: metánból (CH_4), ammóniából (NH_3) és vízből (H_2O) tevődtek össze. Az első légkörök tehát redukáló jellegűek voltak és nem tartalmaztak szabad oxigént. Ezt az elképzelést a régi üledékközetek vizsgálata bizonyítja. Ilyenek pl. a szurokércék, amelyekben az elemek csak kevésbé oxidálódtak. Ezek a kőzetek (többnyire 3 milliárd évesek, vagy még régebbiek) minden bizonnyal szabad oxigén hiányában képződtek. Fiatalabb kőzetek (1,5 milliárd évesek) ezzel szemben jelentős mennyiségű oxigént tartalmaznak, úgyhogy ebben az időszakban már szabad oxigént tartalmazó légkörnek kellett léteznie. De hogyan került sor a légkör változására?

A bolygók történelmének folyamán a nagy energiájú napsugárzás a belső bolygóknaál megváltoztatta a légkör összetételét, ezzel szemben a jóval távolibb bolygók (a Jupitertől kezdve) légköre még ma is redukáló jellegű. A részecskék sebessége emellett természetesen függ a hőmérséklettől, amely közismerten nagyobb a belső bolygókon, mint az óriásbolygókon. A Földhöz hasonló belső bolygókra ennek következtében a hidrogén és a hélium elillant a világűrbe, amelyet a kisebb nehézségi erő is elősegített és széndioxid (CO_2), nitrogén (N_2), valamint víz (H_2O) tartalmú másodlagos légkör alakult ki. Vulkáni tevékenységből további vízgőz keletkezett, ami a Földön vízzé kondenzálódott és a felszínen felhalmozódott, míg a többi belső bolygón a nagyobb hőmérséklet és kisebb nyomás következtében esetleg a légkörben maradt. A másodlagos légkör a Földön további átalakuláson ment keresztül, mivel a növényi élet fotoszintézis során oxigént fejlesztett, és jelentős



22. ábra. A belső bolygók légkörének feltételezhető fejlődése. Az összeállítás Oparin szovjet biokémikus modelljét mutatja a bolygó légkörök fejlődéséről

széndioxidmennyiséget nyelt el. Az, hogy a Vénusz- és a Mars-légkörben levő oxigénnyomok is növényi fotoszintézisre vezethetők-e vissza, nem látszik egészen bizonyosnak, és még további vizsgálatokat igényel (l. 22. ábra).

3. Az exobiológia vizsgálati módszerei (kutatás Földön kívüli élet után)

Az exobiológusok arra a kérdésre hogy „van-e élet szomszédos bolygóinkon?” négy különböző módon kísérlik meg a válasz megfogalmazását:

1. *Laboratóriumi kísérletek.* Szerves anyagok szintézise szimulált bolygólégkörökben. — Szerves vegyületek létezése az élet keletkezésének előfeltétele.

2. *Csillagászati kísérletek.* A bolygóról visszavert fény spektrálanalitikai vizsgálata szerves anyagoktól eredő abszorpciós területeken. — Ha ilyen abszorpciós területeket találnak majd, a szerves anyag két módon keletkezhetett:

a) abiogén módon — ez bizonyíték lenne arra, hogy a laboratóriumban végzett szintézisek a bolygókon is végbemennek.

b) biogén módon — ez bizonyíték lenne az élet létezésére.

3. *Biológiai kísérletek.* Földi élet alkalmazkodása szimulált bolygóviszonyokhoz. — Földi növények és állatok viselkedését és életét tanulmányozzák olyan idegen környezetben, mint pl. bolygónkétől eltérő légkör-összetétel, nyomás, hőmérséklet és nehézségi erő.

4. *Úrutazási tervek.* Automata bioszondák. — A bolygókra automata-szondákat küldenek, amelyek a helyszínen kutatnak élet után.

4. Szerves anyagok szintézise szimulált bolygólégkörökben

Számos kísérletben ismételten megkísérelték, hogy szimulált bolygólégkörökben a legkülönbözőbb természeti erők behatása alatt szerves anyagokat szintetizáljanak. Az első ilyen kísérletet *S. Miller* végezte, akinek sikerült szerves vegyületeket előállítania a Föld metánból, ammóniából, vízből és igen sok hidrogénből álló redukáló őslégkörének szimulációjában elektromos kisülések segítségével, amelyekkel a zivatarokat próbálta utánózni. Miller ezen úttörő eredménye óta számos kísérlet történt, amelyek megmutatták, hogy a földi élet keletkezése valóban egy redukáló őslégkörben és nem a későbbi oxidáló légkörben

történt, és így Oparin elképzeléseit erősítették meg. Vénusz-, Mars- és Jupiter-légköröket is szimuláltak. A kísérletek során beigazolódott, hogy idegen bolygókon is keletkezhetnek szerves vegyületek.

Az ősföld kémiai evolúciójának, valamint a földi élet keletkezésének kutatásához az egyik legjelentősebb eredményt S. Fox kísérletei hozták. Foxnak sikerült ugyanis redukáló légkörben (ősmerkur, ősvénusz, ősmars, ősföld, Jupiter) protenoidok forró oldatának lehűtésével sejtyszerű szférikus részecskéket, úgynevezett mikroszférákat előállítani, amelyek bizonyos vonatkozásokban élő sejtekre emlékeztettek.

Az életnek, ha egyáltalán létezik, a mi szomszéd bolygóinkon is redukáló őslégkörben kellett keletkeznie. Rendkívül érdekes lenne, ha a Jupiter bolygó a kémiai vagy éppenséggel a biológiai evolúciónak azon a fejlődési fokán menne keresztül jelenleg, amely a kisebb szoláris energia (a Földhöz viszonyítva) következtében eddig elhúzódott. Azt, hogy minden óriásbolygón ténylegesen szerves vegyületek szintézise ment végbe, mutatják a bolygókorongok legkülönbözőbb színei, amiket szerves anyagokként értelmezhetünk. De erre még később visszatérünk.

I. táblázat

Bolygó-légkör	Kutató/év	Energiaforma	Bizonyított vegyületek
Ős-Merkur Ős-Vénusz	Miller, 1953	elektromos kísülések	karbonsavak aminosavak
Ős-Föld	Oro, 1963	elektromos kísülések	karbamid aminosavak
Ős-Mars Jupiter	Terentin, 1957 Koch, 1968	ibolyántúli sugarak elektromos kísülések	aminosavak karbonsavak aminosavak
Merkur Vénusz Föld Mars	Abelson, 1956 Koch, 1967	elektromos kísülések elektromos kísülések	aminosavak glicin
Jupiter	NASA amerikai kut. csoportja	elektromos kísülések ibolyántúli sugárzás	adenin kéksav aminonitritek aminosavak

Ezek után meg kell vizsgálnunk, hogy az élet keletkezése, amint azt Oparin sejtette, valóban redukáló légkörben történt-e? Ez azt jelentené, hogy a belső bolygókon élet a jövőben már nem keletkezhet, ha még nem jött létre, mert a jelenlegi légkörök oxidáló jellegűek. Ezzel szemben a Jupiteren a vegyi fejlődés még az élet keletkezésében érheti el csúcsát. Igen valószínű, hogy a tárgyalt bolygók mindegyikén előbb vagy utóbb szerves vegyületek keletkeztek abiogén módon (I. sz. táblázat).

5. A Merkur exobiológiája

Naprendszerünk legkisebb bolygóját nem lehet exobiológiai szempontból vizsgálni, mert légköre ha egyáltalán létezik, kisebb mint $1/1000$ mb nyomású lenne. (Összehasonlításképpen: a Föld légkörének nyomása a felszínen mintegy 1000 mb). Ehhez járulnak még a rendkívül szélsőséges hőmérsékleti viszonyok, minthogy a Merkur tengelyforgási ideje eltér a keringési idejétől, nincsenek „elviselhető” hőmérsékletű vidékek a terminátor környékén, amint az kötött forgás esetében lenne.

Azt, hogy élet légkör nélkül egyáltalán lehetséges-e, talán eldönti majd a holdközvetek beható elemzése, de ilyen élet létezése ellentmond jelenlegi biológiai ismereteinknek. Ha a Holdon valóban lehetne életet találni — ennek lehetősége kb. $1/1000\%$ -ra tehető — akkor a Merkur exobiológiai vizsgálatának is lenne értelme. Addig azonban nincs „Merkur bolygó exobiológiája”.

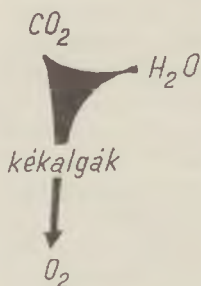
6. A Vénusz exobiológiája

A Hold után hozzánk legközelebb levő égitest volt hosszú ideig a Földön kívüli élet elsőrendű várományosa. Az a vastag felhőtakaró, amely a felszín megfigyelését megnehezíti, az embereket mindig a legmerészebb elképzelésekre ingerelte. Egyrészt rádiócsillagászati mérések, másrészt űrszondákkal végzett beható kutatások, különösen szovjet részről, azonban igazolták amit a tudósok már rég gyanítottak: a Vénusz nyomási- és hőmérsékleti viszonyai kizárják a földi mértékű magasabb rendű élet létezését. A felszíni hőmérséklet (magasabb az ólom olvadáspontjánál) ellentmond mindenféle élet létezésének, továbbá a 20 atm és még nagyobb nyomás kizárja leglábbis a magasabb rendű élőlényeket. Ezzel a lehetséges élettér a magasabb légrétegekre korlátozódik, ahol a körülmények a földihez hasonlóak lehetnek. Ezekben a rétegekben valóban létezhetnek mikroorganizmusok. A Földön ismernek hőkedvelő algákat, amelyek olyan vizekben fordulnak elő, ahol a hő-

mérséklet a forrásponthoz közeli. Vannak olyan növények és állatok is, amelyek néhány kilométerrel a vízfelszín alatt élnek olyan nyomás mellett, amely még a legerősebb gépeket is „összemorzsolná”. A Vénusz-légkör összetételéről a szovjet és amerikai szondák által kapott eredmények szerint a „légburok” főleg széndioxidból áll és csak kis hányadban tartalmaz szabad oxigént. Ez idő szerint még tisztázatlan, hogy ez az oxigén növények segítségével keletkezett-e, vagy pedig a felhőburkon áthatoló rövidhullámhosszú sugárzás útján. A kimutatható vízgőznyomok az utóbbit valószínűsítik. Szerves vegyületek spektrálanalitikai vizsgálatát a Vénuszon ismét a felhőtakaró akadályozza meg.

A Vénusz jelenleg mégis különösen érdekes az exobiológia szempontjából. Újabban szovjet és amerikai tudósok foglalkoznak olyan tervvel, hogy szomszédbolygónkat ezer éven belül földi élőlények számára lakhatóvá tegyék, ami valamely fantasztá művének lenne vélhető, valójában azonban *C. Sagan* az amerikai Harvard-egyetem tanára által kidolgozott idea. Sagan ebben a tervben látja az egyetlen megoldást arra, hogy a tengerfenék és a Hold lakhatóvá tétele után új területek feltárásával a Föld fenyegető túlnépesedése hatékonyan ellensúlyozható legyen. Emléksziünk, a Vénusz légköre lényegében széndioxidból, nitrogénből és vízgőzből, valamint oxigénnyomokból áll. Nyomása 20 atm vagy még nagyobb, emellett a hőmérséklet helyenként 500 °C felett is lehet. Felmerül a kérdés, hogyan lesz ez a bolygó az ember számára valaha is lakható?

Sagan olyan növényt keresett, amely jól bírja a magasabb hőmérsékletű légkört és amely fotoszintézissel a széndioxidot és vizet oxigénné alakítja át. Ezt megtalálta a hőkedvelő algák között, amilyenek pl. a Yellowstone-park hőforrásaiban fordulnak elő. Számos kísérlet után, amelyeket ezekkel a kék algákkal végeztek, Sagan nyilvánosságra hozta elképzelését az amerikai „Science” c. folyóiratban:



23. ábra. Kékalgák átalakító hatása a Vénusz légkörében.

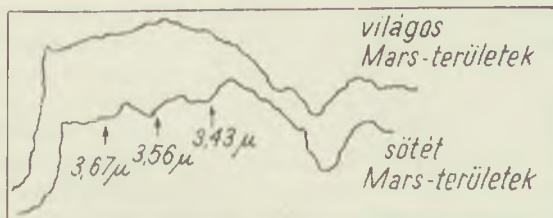
Ha néhány évtized múlva nagy űrhajókat tudunk már építeni, akkor egy óriási bolygóközi űrszállítóhajót küldünk a több mint 40 millió kilométerre levő Vénuszra, több ezer tonna egysejtű kékalgával megrakodva. Megérkezve az űrhajó kirakja a nagy növénytömeget a Vénusz légkörébe. A következő évszázadokban a növények és a bolygó magukra hagyhatók. Az algák a Vénusz légkörében ideális környezetre találnak, és rohamosan szaporodni kezdenek. A Nap sugárzásának hatása alatt szorgalmasan változtatják át a széndioxidot és vizet oxigénné. 1000 év alatt, a moszkvai Sternberg intézet igazgatója *D. Martinov* számításai

szerint a légkör összetétele gyökeresen megváltoztatható oly módon, hogy majdnem az összes széndioxid oxigénnel helyettesíthető lenne. Ezalatt a légkörváltozás alatt a hőmérséklet állandóan süllyedne, és végül 100°C alá kerülne. Elképzelhetetlen méretű felhőszakadásoknak kell bekövetkeznie, hasonlóknak ahhoz „amit Noé élt át”, így fogalmazta ezt nemrég *P. Anderson* amerikai fizikus (aki mint tudományos-fantasztikus regényíró is ismert). Miután minden veszélyes életcsírárt megsemmisítettek, az emberek a 4. évezred elején költözhetnek át a Vénuszra (23. ábra).

7. A Mars exobiológiája

A Naprendszer összes bolygói közül kis mérete ellenére a Mars hasonlít leginkább a Földre. A tudományos-fantasztikus irodalomban még ma is megtalálható elképzelések a Mars-emberek létezéséről sokáig valóban reálisnak tündtek. Már *Schiaparelli* olasz csillagász által felfedezett ún. marscsatornák is többféle feltevésre adtak alkalmat, a Marson levő civilizáció fejlettségi fokát illetően. A csatornákat óriási, értelmes lények által létrehozott öntözőcsatornáknak gondolták. Később azonban kiderült, hogy ezek vagy optikai csalódások, vagy pedig geológiai eredetű repedések. A Mars-beli élettel kapcsolatos tudományosan megalapozott megfontolások még eléggé újkeletűek. A Mars felszínének nagy távesövekkel és később űrszondákkal történt átkutatása után meg lehetett állapítani, hogy a bolygó teljesen alkalmatlan az emberhez hasonló magasabb rendű élőlények létezésére. A mostoha feltételek dacára sem adták fel azonban a reményt valamely kezdetleges élet jelenlétére.

A Mariner-4 amerikai szonda által készített felvételek a Mars felszínén, a Holdéhoz hasonló krátereket és pusztaságokat mutatnak. Távesövekkel már régebben megállapították, hogy bizonyos vidékek az esztendő folyamán megváltoztatják színüket, a tulajdonképpen vörösbarna, a homokviharoktól esetleg sárga felszín nyáron tájanként zöldd



24. ábra. Szerves vegyületekre utaló elnyelési sávok a Mars színképében (Sinton szerint)

válí. Az ilyen zöld felületekről visszavert fény a spektrum infravörös tartományában olyan elnyelési sávokat mutat, amelyek organikus anyag létezésére engednek következtetni (24. ábra). Az elnyelési sávok klorofillal való azonosítása nem teljesen megbízható. Éppígy igen kérdéses, hogy a Mars légkörében kis százalékban levő szabad oxigén növényi anyagsere folyamatokra vezethető-e vissza. Minthogy a Mars alig nyújt védelmet a szoláris és a kozmikus sugárzás ellen (mágneses tere, ha egyáltalán létezik, gyengébb a Föld mágneses terének 1/3000-nél és légkörének nyomása kereken 5–10 mb, 150-szer kisebb a Földénél), így az oxigén radiolízis (energiadús sugárzás segítségével történő bontás) útján is létrejöhet a vízgőznyomokból anélkül, hogy növények működnek bioszenzibilizátorként. De azért nem zárható ki zöld növényzetű fotoszintézis létezése sem.

Hogy a Marson levő élet lehetőségének problémájában a felelethez valamivel közelebb jussunk, exobiológusok megkísérlik, hogy a földi életet szomszédos bolygónk szélsőséges feltételeihez idomítsák. A földi növény- és állatvilág ismert példái azt mutatják, hogy az élet valóban lehetséges egészen szélsőséges viszonyok között is.

Kaktuszok és gyíkok élnek a sivatagokban egészen magas hőmérséklet mellett csaknem víz nélkül, baktériumok léteznek a sarkvidéken mélyen a fagyponthoz alul, anaerob-baktériumok megélnek szabad oxigén nélkül is, más mikrobákat pedig 39 000 m magasságban találtak, a Marséhoz hasonló nyomás, hőmérséklet és sugárzási viszonyok között. Miért ne lenne lehetséges, kérdezték ezek után a tudósok, földi élet eredményes áttelepítése marsi környezetbe?

És valóban *S. Siegel* amerikai exobiológusnak sikerült, amit senki sem tartott lehetségesnek. Be tudta bizonyítani, hogy a földi élet számos formája valóban kibírja szomszédos bolygónk szélsőséges feltételeit. Siegel kísérleteiben élőlények százait helyezte marsi környezetbe és eközben meglepő eredményre jutott. A hideg éppúgy mint az oxigénhiány a legtöbb földi élőlény számára biztosan halálos, de mindkét tényező egyidejűleg gyakran kifogástalanul elviselhető. Bármily csodálatosnak tűnik ez a laikus számára, mégis található rá magyarázat. Mély hőmérsékleteknél a sejtek belsejében a biokémiai reakciók termikus egyensúlya eltolódik, kevesebb anyag reagál egymással és kevesebb vegyület keletkezik. Így a csak nyomokban jelenlevő oxigén nem vezet oxigénhiányra. Nem kevésbé meglepő tény, hogy létezik olyan élet, aminek ezek az életkörülmények nem ártanak. E kísérletek néhány legfontosabb eredményét a II. táblázatban állítottuk össze.

L. K. Lorin, a leningrádi citológiai intézet kutatója is behatárolta, hogy a földi élőlényeknek a marsklíma egyáltalán nem árt, sőt ellenkezőleg, egyes növények új életterületekben jobban terjednek, mint megszokott földi feltételek között. Néhány kísérletben magát a kisebb

A Marson lehetséges életformák (Siegel szerint)

Területek	Életformák
Víznélküli hegyoldalak	Többsejtű növények mélyrenyúló gyökerekkel, esetleg életközösségekben kis állatokkal
Víznélküli síkságok	Baktériumok, penészgombák, kisebb gerincnélküli állatok
Zúzmara övezetek	Mikroorganizmusok, algák és gombák lassannövő, zúzmószerű szimbiózisai
Olvadási övezetek szubpoláris területeken	Mikroorganizmusok, gyorsannövekvő soksejtű növények esetleg kis állatokkal
Általános tulajdonságok	Nincsenek virágos növények. Ivaros és hasadó szaporodás nincs kizárva. Nincsenek „magas” növények, mert a vízhiány megakadályozza a hidrosztatikus nyomást és a lignin képződését. Lehetséges fotoszintézis, nincsenek repülő rovarok, mert a légkör nem hordképes

nehézségi erőt is utánozták (mintegy 38%-a a Föld nehézségi erejének), de semmi jelentős hatást nem észleltek attól eltekintve, hogy a növények kissé nagyobbak lettek. Egy másik érdekes kísérlettel kimutatták, hogy néhány baktérium atomreaktor belsejében is megél, olyan sugárzásnál amely ezerszer erősebb annál, amelyet a tudósok az élet minden fajtájára halálosnak tartottak. Ez az eredmény jelentős egy lehetséges Mars-beli élet szempontjából is, mert ez a fentebb már említett okokból a szoláris és kozmikus sugárzásnak sokkal erősebben ki lenne téve, mint a földi élet. A Marson lehetséges élet ellenzői ismételtelen felhozzák ellenérvként a különféle nitrogén-oxidok és szén-monoxid ártalmas mennyiségét, olyan gázokét, amelyek széndioxid-nitrogén-oxigén légkörben energiadús sugárzások hatására keletkeznek. Ez az érv azonban könnyen meggyengíthető, sok nagyváros levegőjében ezen gázok koncentrációja lényegesen nagyobb.

Végül még néhány tudós azzal a nézetével kell foglalkoznunk, hogy a Mars valaha civilizáció hordozója volt, ami felderíthetetlen okokból elpusztult. Egyik fő érvként a Mars egyik holdját a Phobost

emlegetik, amely a marslakók által készített üreges test lenne, amelyben egy könyvtár értesítené az utókort az elmúlt marscivilizáció vívmányairól. Bár csillagászati mérések szerint a Phobos különleges sajátosságaival kitűnik a Naprendszer összes holdjai között (visszaverőképesége nem hozható összhangba tömegével), mégis óvakodni kell az elsiertett következtetésektől.

Mindazonáltal úgy látszik, hogy az élet valami kezdetleges formájára a Marson lehetőség van. E tekintetben a remélhetőleg közeli jövőben a bolygóra simán leszálló bioszondák fognak majd felvilágosítást nyújtani.

8. A Jupiter exobiológiája

A Földön kívüli élet létezésének lehetőségére vonatkozó vizsgálatok nemrég még csak az ökoszférára (Vénusz, Föld, Mars) korlátozódtak, de egyrészt a szélsőséges feltételek közötti Földi életre vonatkozó vizsgálatok, másrészt pedig a bolygók kutatásának új eredményei alapján ma már a Merkúr mellett főleg a Jupitert is bevonják a vizsgálatokba. Különböző szerzők megmutatták (1. „Szerves anyagok szintézise szimulált bolygó légkörökben”), hogy a Jupiter-modell légkörében, amelyben a hőmérséklet a bolygó közepe felé nő, és ezért a földihez hasonló hőmérsékletű réteg is feltételezhető (1. modell) éppúgy, mint a hideg Jupiter-légkörben (max. -80°C) (2. modell) keletkezhetnek organikus vegyületek. Ezt a Jupiterről visszavert fény színképelemzése is megerősíteni látszik. A Jupiteren és a többi óriásbolygón ugyanis a legkülönféle színárnyalatok figyelhetők meg, mint pl. kék, barna, sárga, szürke, rózsaszín és vörös. Ezek a színek különféle komplex szerves vegyületek, azulén, pirén, koronén és krizén jelenlétével magyarázhatók. A legvalószínűbbnek az látszik, hogy más szerves vegyületek is léteznek a Jupiter-légkörében.

Már régóta ismeretes, hogy léteznek olyan baktériumok, amelyek metán-légkörben élnek. Olyan baktériumok létezése, amelyek emellett az alacsony hőmérsékletet is jól bírják (2. modell), nyomós érv lenne a jupiteri élet lehetősége mellett. Az alábbiakban majd kiderül, hogy ilyen baktériumok valóban léteznek. De vajon lehetséges-e növényi asszimilációs folyamat redukáló légkörben? Nemrég még ellentmondott minden növénybiológiai ismeretnek, hogy növények széndioxid helyett metánt is asszimilálhatnak, hogy azután a disszimiláció (légzés) folyamatában a szénhidrátokat elégetés helyett hidrálják. Enebo svéd biokémikusnak sikerült a „chlorella” egysejtű zöldalgát rothadó iszaphól izolálnia és tiszta metán-légkörben tenyésztenie. Amint azt Enebo kimutatta, az algatenyésztet jobban fejlődött, mint normális széndioxid (levegő) gázban. A szerző is foglalkozik immár két éve redukáló

légkörökben végbemenő növényi anyagcsere-folyamatokkal és az „elodea”-val már igen szép eredményeket ért el.

Az első modellel ellentétben a második légkör-modellnél a redukáló metán-légkör mellett még a rendkívül alacsony hőmérsékletet is figyelembe kell venni.

Nemrégén még azt hitték, hogy a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklet teljesen halálos minden élőlény számára. Újabban ezt a nézetet gyakran felül kellett vizsgálni. Az ilyen rendkívül alacsony hőmérsékleteknél meglevő életlehetőség tanulmányozásánál a „látszathalál” jelenségébe ütközünk. Ezzel kapcsolatban a bristoli egyetem tudósai egy feltűnést keltő kísérletet végeztek. Szúnyoglárvát pörköltek több órán át közel $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten. Ezután a lárvát folyékony héliumba ($-269\text{ }^{\circ}\text{C}$) merítették, ami után kemény röntgensugárzás következett. Csak ezután tették ki őket megint normális feltételeknek. Valami szokatlan történt: mindezen halálos hatás után a lárvák folytatták biológiai életfolyamataikat, és olyan új szúnyogok másztak elő belőlük, amelyek semmiben sem különböztek az így meg nem „kínzott” fajtársaiktól. A szúnyoglárva élete folyékony héliumban természetesen nem azonos azzal, amit mi szokásosan életen értünk, hanem ún. „látszathalál”. Az ilyen alacsony hőmérsékleten, közel az abszolút zérusponthoz, a molekulák majdnem mozdulatlanok, úgyhogy semmi biokémiai reakció nem történik többé és „öregedés”, sőt „halál” sem képzelhető el. Bár olyan hőmérsékletnél, amelyet a második légkörmodell vesz figyelembe (max. $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$), a molekulák sebessége jóval nagyobb, mint folyékony héliumban, mégis az anyagcsere folyamatok ilyen hőmérsékletnél vagy mélyebbnél (más óriásbolygók) hosszabb időt igényelnek, mint földi körülmények között. Ezért minden további nélkül elképzelhető, hogy a Jupiteren a kémiai vagy biológiai fejlődés lényegesen hosszabb ideig tarthatott, mint a Földön.

Sőt egyes exobiológusok olyan messzire mennek, hogy az elért eredményekből, valamint ismert tényekből lehetséges életformákat „terveznek” a Jupiter számára, amelyek képesek lennének szilárd talaj nélkül a légkörben élni. Fantasztikus lényekről van szó, amelyek mint „szemekkel bíró sugárhajtású gépek” mozognak a légkörben, amelyben gázokat szívnak be tátongó szájukon keresztül és hátul kilövellik. Az emellett felvett hidrogén alakot és felhajtóerőt kölesönöz nekik. Heterotróf jellegűek, vagyis „szerves” anyagokat vesznek fel, amelyek a légkörben termelődnek és ezeket táplálékként hasznosítják. Ezek a gázsejtek a Világegyetemben levő lehetséges életformák szempontjából valószínűleg nem tipikusabbak mint az ember, és a delfinek értelmi színvonalát is elérhetik. Minthogy azonban nincsenek végtagjaik (ez az egyik előfeltétele létrejöttüknek), képtelenek technikai civilizáció elérésére. De az életnek ezek a furcsa formái, amelyek gázburokban élnek szilárd talaj

nélkül, természetesen teljesen a fantázia szüleményei. Mégis mutatják, hogy ki lehet „fejlesztteni” ilyen, a földi élet ismert sajátásaival rendelkező lényeket. Ezért nem látszik annyira elképzelhetetlennek a Jupiteren létező élet, mint ahogyan azt gyakran leírják.

9. Összefoglalás

A bolygó-légkörök fejlődésének jelenlegi legjobb modellje szerint a belső, a Földhöz hasonló bolygóknak régebben redukáló légkörük volt. Létrejöhettek tehát szerves vegyületek szintézise is, amelyek kémiai fejlődése a Merkuron, a Vénuszon és a Marson az eltérő szoláris energiák miatt nem szükségképpen vezetett az élet keletkezéséhez, mint ahogyan az a Földön történt. A bolygók által visszavert fény színeképelemzése, valamint a földi élet idegen környezeti feltételekhez való alkalmazkodásával elért eredmények azonban azt igazolják, hogy a Vénuszon és a Marson van bizonyos valószínűsége az élet létezésének.

A Jupiter légkörében, melynek összetétele a belső bolygók őslégkörével azonos, organikus vegyületek szintézise igazoltnak tekinthető, mert a Jupiter övek és sávok különböző színei komplex szerves vegyületek jelenlétére utalnak. Mivel ez a légkör még redukáló jellegű, a Jupiteren levő esetleges életnek olyannak kell lennie, hogy szerves anyagokat tudjon felvenni (heterotrof) vagy sejtjeiben előállítani (autotrof). Vizsgálatok azt eredményezték, hogy ilyen életformák lehetségesek, úgyhogy nem zárható ki az élet lehetősége a Jupiteren, ellenkezőleg: némely tudós úgy véli „az élet a Jupiteren valószínűbb, mint a Földön”.

A „Die Sterne” 1970/4. számából
fordította: *Balázs Lajos*

A HOLD- ÉS BOLYGÓSZONDÁK EREDMÉNYEIBŐL

(Egy új tudományág: a planetológia)

Az összehasonlító planetológia

Áttekintve az elmúlt évek hold- és bolygó kutatásának eredményeit, nem nehéz észrevenni azt az ugrásszerű fejlődést, amelyet a mesterséges égitestek alkalmazása — és az ember holdexpedíciói — hoztak a Naprendszer égitestjeinek megismerésében. Ezek az eredmények nagymértékben hozzájárultak egy fiatal tudományterület: a *planetológia* kialakulásához. A régebbi bolygó kutatással szemben a planetológia nemcsak a Hold és a bolygók pillanatnyi fizikai természetét tanulmányozza, hanem kiterjeszti kutatási körét ezeknek az égitesteknek fejlődésére, légkörük, felszínük, belső felépítésük kialakulására. E célból felhasználja a Földre vonatkozó kutatási eljárásokat és eredményeket, az ún. „földtudományok”-at (geológia, geofizika, geodézia, geográfia, meteorológia, acronomia). Ugyanakkor az így nyert újabb földtani, földfizikai, földméréstani, földrajzi, légkör- és magaslégkör kutatási eredményeket magának a Földnek pontosabb megismerésére is kihasználja.

Igen érdekes eredményre vezethet a különböző fizikai adottságú bolygók összehasonlítása. Az *összehasonlító planetológia* szemléletesen mutatja be, hogy pl. a tömegek különbsége, a különböző összetételű, sűrűségű légkör, stb. miként befolyásolja a bolygók felszínének vagy belső felépítésének kialakulását. Figyelmet érdemlő eredményeket kaphatunk, ha pl. összehasonlítjuk a Földnél kisebb tömegű, légkör nélküli Holdat és a Merkurt, a kis tömegű, ritka atmoszférájú Marsot és a Földdel kb. egyező méretű, de igen sűrű légkörű Vénuszt a mi bolygónkkal. Az elmúlt évek számos sikeres bolygószonda-mérése is legfőként ezekre az ún. *Föld-típusú* bolygókra vonatkozik (leszámítva a rakétákkal eddig még nem vizsgált Merkurt)¹. Az alábbiakban az

¹ A Föld-típusú bolygók aránylag kis átmérőjűek és tömegűek, közepes sűrűségűek nagy, tengelyforgásuk viszonylag lassú. A Jupiter-típus (Jupiter, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz) nagy átmérővel és tömeggel, kis sűrűséggel, valamint gyors tengelyforgással rendelkezik. Az első csoport fő összetevőit közepes súlyú elemek (oxigén, szilícium, vas, alumínium, stb.) alkotják — I. a IV. és V. Táblázatot —, a második csoportét főleg hidrogén és hélium, azaz könnyű elemek.

elmúlt öt esztendő — 1966–70 — *Hold-, Vénusz- és Mars-szondáinak* fontosabb eredményeit kívánjuk összefoglalni, utalva a Merkúra vonatkozó eredményekre is. Természetesen nem hagyhatjuk figyelmen kívül a csillagászat más kutató módszereivel, így pl. a „hagyományos” optikai megfigyelésekkel, radar- és rádiócsillagászati eszközökkel elért eredményeket sem. (A korábbi vizsgálatokról a Csillagászati Évkönyv 1967-es kötetének 173–200. oldalán közöltünk ismertetést.)

III. táblázat

A Föld-típusú bolygók fontosabb adatai

	r_{CsE}	$P_{év}$	D_{km}	$\frac{D}{Föld=1}$	M_{gr}	$\frac{M}{Föld=1}$	$\rho \frac{g}{cm^3}$	Rot. nap
Merkur	0,387	0,241	4 840	0,38	$0,33 \times 10^{27}$	0,06	5,62	58,65
Vénusz	0,723	0,615	12 100	0,95	$4,87 \times 10^{27}$	0,81	5,09	242,89
Föld	1,000	1,000	12 757	1,00	$5,98 \times 10^{27}$	1,00	5,52	1,00
Mars	1,524	1,888	6 780	0,53	$0,64 \times 10^{27}$	0,72	3,97	1,03
Hold	— +	— ++	3 476	0,27	$7,35 \times 10^{25}$	0,12	3,34	27,32

Megjegyzés: +A Hold földtávolsága 384 400 km /0,0023 CsE/. ++A Hold föld-körüli keringési ideje 27,322 nap /0,075 év/. r_{CsE} = Közepes naptávolság, Csill. Egységben. $P_{év}$ = Keringési idő. D_{km} = Átmérő km-ben, D = Átmérő a Földhöz viszonyítva. M_{gr} = A tömeg grammokban. M = Tömeg a Földhöz viszonyítva. ρ = Közepes sűrűség. Rot. = A tengelyforgás időtartama napokban.

Az alapadatok meghatározása

Az űrszondák pontos indításához és irányításához nélkülözhetetlenek a bolygók fontosabb alapadatainak: *tömegüknek, átmérőjüknek, távolságuknak*, stb. ismerete, nem utolsósorban pedig a Naprendszer két nagyon fontos csillagászati állandójának, a Csillagászati Egységnek (a földpálya félnagy tengelyének hossza) és a Nap—Föld tömegarányának meghatározása. A korszerű méréstechnikai eljárások mellett azonban éppen a bolygószondák nyújtottak lehetőséget ezeknek az értékeknek a korábbiaknál 10–100-szor pontosabb megállapítására.

A *Hold tömegét* először a rázuhánó Luna-2 (1959), majd a Ranger-7–9 (1963–65) gyorsulásából sikerült nagy pontossággal meghatározni. A holdkörüli pályán keringő Luna-10–14 és Lunar Orbiter-1–5 (1966–68) lehetővé tették, hogy kísérőnk alakját és *tömegeloszlásainak* helyi rendellenességeit is kimérhessék. Ily módon mutatta ki P. M. Muller és W. L. Sjorgen 1968-ban, hogy a Hold egyes területei alatt a környezetnél *nagyobb sűrűségű* kőzetanyag helyezkedik el. E felszín alatti tömegkoncentrációkat az angol elnevezés — mass concentration — rövidítéséből *Mascon*-oknak nevezték el. A jelenleg is

vitatott természetű Masconok főként a kör alakú medencék és egyes nagyobb kráterek alatt helyezkednek el. A Hold alak- és tömegeloszlásának szabálytalanságai egyébként eléggé lényegesen befolyásolják a körülötte keringő mesterséges égitestek, űrkabinok mozgását. Így pl. az Apollo-8 esetében, néhány keringés alatt a holdközelpont 3,6 km-rel csökkent, a holdtávolpont 1,8 km-rel növekedett.

A *Vénusz tömegét* a mellette elhaladó Mariner-2 (1962) és -5 (1967) pályamódosulásából állapították meg nagy pontossággal. Különösen jelentőssé teszi ezeket a méréseket, hogy a Vénusznak nincsen holdja, ezért tömegének meghatározása, a klasszikus égimechanikai módszerekkel, nem nyújtott kielégítő pontosságot. A *Mars tömegére* a közelében elsuhanó Mariner-4 (1964) adta az eddigi legjobb adatot. Az új mérések eredményeit a régebbiekkel összehasonlítva, a IV. táblázat tünteti fel.

IV. táblázat

Tömegmeghatározások mesterséges égitestekkel
(Tömegegység a Föld)

	Klasszikus módszer	Új meghatározás + hiba	Mérőszonda
Hold	0,01230	$0,012300 \pm 0,000007$	Mariner-5, -6, -7
Vénusz	0,815	$0,81503 \pm 0,00003$	Mariner-5
Mars	0,107	$0,1074464 \pm 0,0000005$	Mariner-4

Figyelmet érdemel, hogy mind a Vénusz, mind a Mars *átmérőjét* a bolygószondák mérései egy nagyságrenddel pontosabban adják meg, mint a földi távesőves (mikrométeres) észlelések. A szondák eltűnése — a Földről nézve — a bolygókorong mögött, jó értékeket szolgáltat. Ez ismét a Vénusznál igen lényeges, mivel a bolygót fedő, átlátszatlan felhőtakaró miatt a Vénusz-felszín közvetlen megfigyelésére nincsen lehetőség.

Említést érdemel a *Merkur és a Vénusz tengelyforgására* nyert radar-mérések eredménye. Ismeretes, hogy régebben a Merkur rotációs periódusát a napköri keringés időtartamával (88 nap) egyezőnek vélték. Nagyszámú radarvisszhang alapján újabban a bolygó tengelyforgási idejére 58,65 nap adódott. A keringési periódusnál 1/3-ad résszel rövidebb rotációs periódus következménye, hogy a Merkuron a Nap két, egymást követő delelése között 176 nap telik el (szinódikus tengelyforgás). A Vénusz tengelyforgási ideje a 225 napos keringési időnél valamivel hosszabb: 242,892 nap. Szinódikus rotációja ezért 217 földi napig tart. A bolygó forgása a Földéhez képest fordított. Forgástengelye alig 3,4 fokkal hajlik a pályára merőleges iránytól.

A bolygók légköre

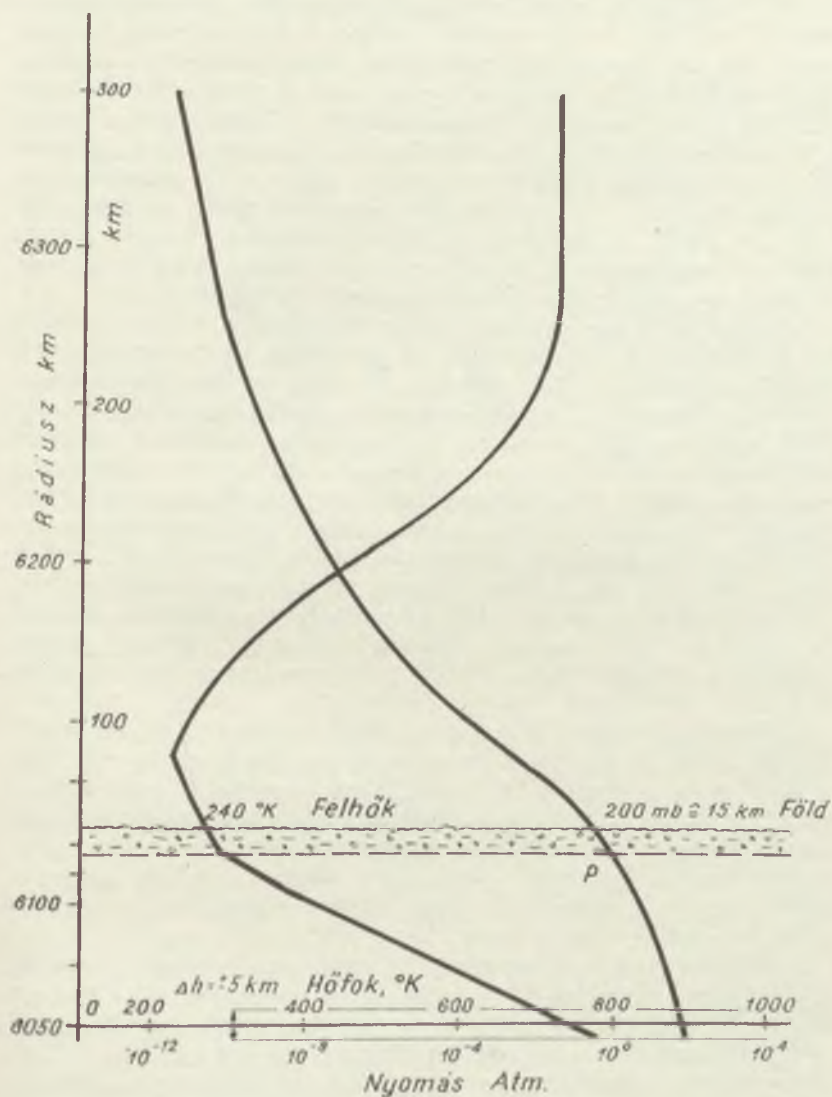
A Vénusz vizsgálatának másik fontos eredménye, amely már a bolygószondákhoz fűződik, az égitest alsó, *talajközeli légrétegeinek* elemzése. A Vénuszt borító, átlátszatlan, összefüggő felhőréteg miatt csupán annyi figyelhető meg a földi műszerekkel, hogy a bolygó légkörének nagy részét *széndioxid* (CO_2) alkotja. Emellett *N. Kozirjev*, másfél évtizeddel ezelőtt a kétatomos *nitrogén* (N_2) jelenlétét is kimutatni vélte.

A Vénusz felhőinek felső szintjén a hőmérséklet átlagosan -23°C . Már *E. Schoenberg* 1933-ban végzett számításai is utaltak arra, hogy a Vénusz felszínén nagy nyomásnak és 300°C -nál magasabb hőmérsékletnek kell lennie. A bolygó rádiósugárzásának észlelése valóban arra mutatott, hogy a felszíni hőmérséklet mintegy 130 és 350°C között mozog. Végleges eredményeket azonban csak a Vénusz mellett elhaladó *Mariner-2* és *-5*, valamint a bolygóra fékezve leszálló *Venera-4* (1967), *Venera-5* és *-6* (1969) továbbá a *Venera-7* (1970) szolgáltatott. Megjegyzendő, hogy a *Venera*-szondák nem jutottak le a bolygó felszínéig, utolsó adataikat $10-25$ km közti magasságból sugározták. Feltételezhető, hogy vagy a nagy nyomás roppantotta össze a leszálló tartályokat, vagy a sűrű légkörben mintegy úszva maradhattak. (Ezért tervezték át a *Venera-7* szerkezetét.) A *Venera*-mérések elsősorban a légkör alsó 40 km-es rétegéről adtak képet, míg a *Marinerek* adatai a 60 km feletti övezetekről nyújtottak új ismereteket.

Ezek a mérések egyaránt azt mutatják, hogy a hőmérséklet a bolygó felszínén igen magas. Az átlagos hőmérséklet (a Föld $+15^\circ\text{C}$ átlagával szemben) eléri a 490°C -t. A hőmérséklet változása a magassággal kilométerenként $8,0-8,6^\circ\text{C}$ körül változik. Emellett a *Venera-5* és *-6* a Vénusz éjszakai oldalán, a fény és árnyék határától 2700 km-re (és egymástól kb. 300 km-re) szállt le. A felszín feletti *légnyomás* értéke itt mintegy 95 atmoszféra. A *Venera*-mérések (és kiegészítésképpen a *Mariner*-adatok) felhasználásával *Ardnyevszkij*, *Marov* és *Pozsdesztvenszkij* megszerkesztette a Vénusz-légkör függőleges modelljét. (25. ábra)

A bolygó vízecsappekéből (vagy még inkább jégkristályokból álló) *felhőrétege* nagyjából 60 km-en kezdődik. Itt a légnyomás már csak $0,6$ atmoszféra, a hőmérséklet -30°C -ra esik. Nagyjából 80 km-en éri el a hőmérséklet legalacsonyabb értékét, -50°C -al, majd lassan újból emelkedni kezd és 200 km magasan újra 300°C -ra növekszik. Ez a Vénusz termoszférája.

Ámbár a Vénusz közelebb kering a Naphoz mint a Föld, a jelentősen magasabb felszíni hőmérséklet csak a légkör jóval erősebb *üvegházhatásával* magyarázható. Ész szerint a rövidhullámú napsugárzás egy része eljut a Vénusz felszínéig és felmelegíti azt. Az ily módon fellépő vörösön inneni sugárzás azonban nem jut ki a bolygó légköréből,



25. ábra. A Vénusz-légkör hőmérsékletének és nyomásának változása a magassággal. A bal oldali függőleges beosztás a bolygó középpontjától, a jobb oldali a felszíntől mért távolságot jelzi

hanem elnyelődik és erősen fokozza a felmelegedést. Hasonló üvegház-effektus a Földnél is tapasztalható, csupán kisebb mértékben. Az elnyelést fokozza a bolygó atmoszférájának magas széndioxid — és talán szénmonoxid (CO) — tartalma, amely éppen a vörösön inneni tartományban nyeli el nagymértékben a sugárzást. A Venera-adatok szerint a Vénusz alsó légkörének 94 százaléka CO_2 , míg 4 százaléknyi nitrogén és 0,4 százaléknál kevesebb kétatomos oxigén (O_2) mutatható ki. A vizgőz (H_2O) 0,5—1,1 százalék közt ingadozik, tehát a bolygó légköre igen száraz. A Mariner-5 ibolyántúli észlelései szerint a bolygó külső atmoszférájában növekszik a N mennyisége, kívül pedig egy 10 000 km-es kiterjedésű *hidrogén-korona* is felfedezhető.

A bolygólégkör külső rétegét — akár csak a Földét — a Nap ibolyántúli és röntgensugárzása ionizálja. Az így fellépő, elektromosan vezető *ionoszféra* magassága 200—300 km, itt a maximális *elektronsűrűség* köbcentiméterenként 1 000 000 elektromos töltésű részecske. Ez nagyjából megfelel a földi ionoszféra F_1 rétegének. Számottevő mágneses teret viszont a Marinerek műszerei nem jeleztek és nyilvánvalóan ezzel kapcsolatos, hogy a Vénusznak sugárzási övezeteit, ill. magnetoszféráját sem lehet kimutatni. A Napból áramló részecskék (protonok), az ún. *szoláris szél* a bolygó gömb napsütötte oldalán mindenütt behatolhat annak légkörébe, így érthető, hogy a nitrogén gerjesztett fénylése, erős naptevékenység idején a teljes Vénuszgömbön észlelhető. A szoláris szél és a Vénusz ionizált rétegeinek kölcsönhatásaként a bolygó gömbjének éjszakai oldala mögött „mágneses árnyékolás” észlelhető a Mariner-5 méréseinek tanúsága szerint.

A *Mars bolygó légköre* aránylag egyszerűbb szerkezetű a Vénusznál. Régóta ismert, hogy a marsbeli atmoszféra zömét ugyancsak széndioxid alkotja. A Mariner-6 és -7 (1969) adatai szerint a Mars-beli CO_2 , és esetleg CO-tartalom 90—100 százalék közt mozog. Nagyobb magasságban biztosan kimutatható a szénmonoxid és a kétatomos oxigénmolekulák (O_2) jelenléte is. Ez utóbbi azonban eredhet onnan is, hogy nagyobb magasságban a Nap ibolyántúli sugárzása széthontja a CO_2 molekulákat szén- és oxigén atomokra.

A Mars közismert „*pólussapkái*”, az északi és déli pólusok körül fellépő, változó kiterjedésű fehér mezők sokáig vitatottak voltak. Számos kutató víz jegének, ill. dérrétegnek tartotta ezeket, mások viszont megfagyott széndioxidnak vélték a fehér pólussapkák anyagát. A Marinerek vörösön inneni mérései szerint ezeknek a területeknek hőmérséklete — 123 °C, ami megfelel a széndioxid fagyási hőmérsékletének, a marsbeli légnyomás mellett.

Amikor a Mariner-4, -6 és -7 a Földről észlelve eltűnt a Mars gömbje mögött, rádiójeleiket a Mars légköre némileg elhajlította, s ez lehetővé tette a bolygó légköri hőmérsékletének, légnyomásának és a magas-

légkör ionizált rétegeinek meghatározását. A Mars felszínének hőmérsékletét a földi és a bolygósondák infravörös érzékelője egyaránt megadja.

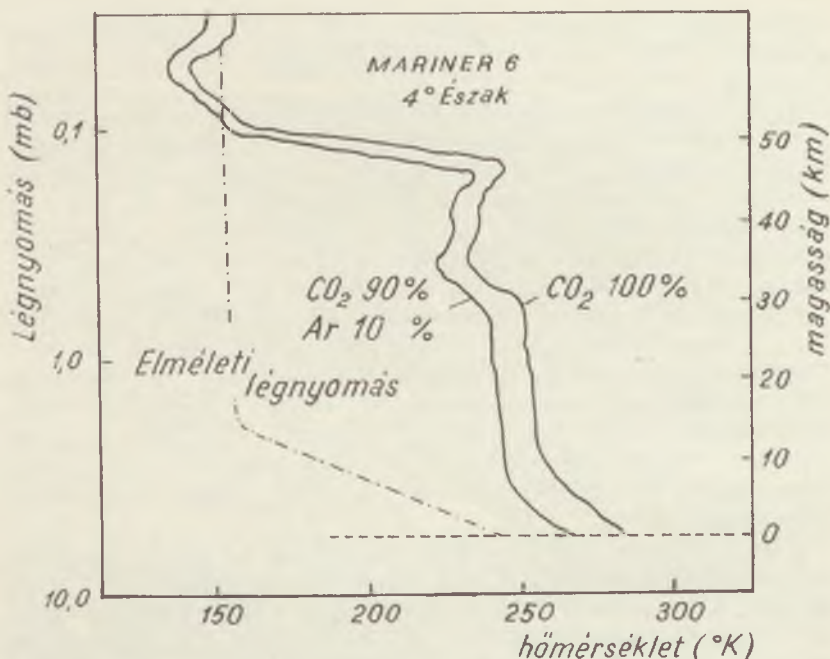
Az egyenlítői területeken a *felszíni hőmérséklet* *G. Neugebauer* szerint eléri a $+28^{\circ}\text{C}$ -t, éjszaka ugyanitt már -73°C -ra esik. A sarki területeken a hőmérséklet -123°C -ra süllyed. A *talajközeli* légrétegek hőmérséklete az egyenlítői zónában már napnyugta előtt is -13°C -ra száll, éjszaka pedig eléri a -113°C hőmérsékletet is. Figyelmet érdemel *G. C. Pimentel* megállapítása a *Mariner-6* infravörös spektrométere alapján, amely szerint a bolygófelszín sötét színű és világosvöröses területei között a hőmérsékletkülönbség elérheti a 25°C -t. Ez a tetemes hőmérsékletkülönbség az amerikai kutatók szerint a Mars-beli talaj jó hőszigetelő képességéről tanúskodik. Ha valóban ez a helyzet, úgy magyarázatot kapunk. *W. Sandner* Mars-felhőzet térképére. Ezen ui. kitűnik, hogy a bolygó kis méretű, fehér felhői általában a sötét és világos területek határán jelennek meg, tehát azon a területen, ahol a hőmérsékletkülönbség miatt erős légköri feláramlások uralkodnak.

A Mars alacsony hőfokára magyarázatot ad a légkör ritka volta. A talajszinten általában 6,3–6,5 milliháros (mb) *légnymomás észlelhető*, de *A. J. Kliore* számításai azt mutatják, hogy a *Hellas* pontica Depressio nevű terület felett csupán 3,5 mb tapasztalható. Ez a vidék tehát, a nevével ellentétben magasabb fennsík lehet. (A földi tengerszinten a légnymomás 1033 mb; 1 mb = 0,75 higanymilliméter.) Általában a marsbeli légnymomás kb. akkora, mint a földi légkör 32–35 km-es rétegében.

A felszíntől távolodva a nyomás és a hőmérséklet lassan csökken, és 45 km magasságban a déli időszakban csupán -10°C -ig süllyed. Ebben a magasságban azonban ugrásszerű esés következik be, a hőmérséklet 55 km-en már -130°C , 60 km felett pedig egy -110°C -os, felfelé változatlan hőmérsékletű réteg következik. (26. ábra)

A napsugárzás, bár a Mars távolságában csak mintegy 38 százaléka a Földre jutó értéknek, itt is létrehozza az elektromosan vezető *ionoszféra réteget*. A *Mariner-6* és -7 mérései idején, *G. Fjeldbo* adatai szerint az elektronsűrűség maximuma 130 km magasságban volt, köbcentiméterenként 150 000 elektronnal. Ez az érték 50 százalékkal több mint a *Mariner-4* által jelzett adat. A különbség könnyen megmagyarázható, ha figyelembe vesszük, hogy a *Mariner-4* a naptevékenység minimuma idején, a *Mariner-6* és -7 viszont néhány hónappal a maximum után végezte észleléseit.

Mivel a *Marinerek* jelentősebb *mágneses teret* a Mars esetében sem mutattak ki, itt sem várható a magnetoszféra jelenléte. A kozmikus sugárzás és a szoláris szél nagyobb energiájú részecskéi szinte a talajig



26. ábra. A Mars-légkör hőmérsékletének (kihúzott görbe) és nyomásának (szagatott görbe) változása a magassággal, a bolygó egyenlítői övezetében. Az egyik hőmérséklet-görbe a tiszta (100%-os) széndioxid tartalom mellett, a másik széndioxid és argon (10%) keveréke esetében mutatja a Mariner-6 adataiból számolt hőmérsékletet

áthatolnak a Mars légkörén és többek között ezzel magyarázható a viszonylag sűrű ionosféra jelenléte is (amely megfelel a földi E-rétegnek). Ugyancsak ez indokolja a Mars-légkör szokatlanul erős érzékenységet a naptevékenység hullámzása iránt is.²

A Merkúr és a Hold esetében figyelembe vehető légkörről nem beszélhetünk. A Merkurnál még az is kétséges, hogy az egyes kutatók által észlelni vélt, rendkívül ritka gázburok valóban létezik-e. A Holdnál határozottan megállapítható, hogy az égitestet egy köbcentiméteren-

² Már a századfordulón kimutatták, hogy a Mars hósapkájának olvadása a naptevékenységtől függően változik. E cikk írója megállapította, hogy a pólussapkák maximális kiterjedése egy naptevékenységi cikluson belül kétszáz maximumot mutat. (L. Időjárás, 1958. évi 3. sz.) Emellett a Mars légköre a napkitörésekre is reagál.

ként 1000 elektronra tehető gázréteg veszi körül, és valószínű, hogy helyenként és időnként belső gázkiáramlások is fellépnek. Ezek összehatása azonban nem jelentős.

V. táblázat

A bolygók légkörének néhány jellemző értéke

	Vénusz	Föld	Mars	
<i>Összetétel</i> (felszín)				
O ₂	0,4	21,00	0,001 ?	százalék
N ₂ + nemesgázok	3 ± 2	78,05 ± 0,2	10 ?	százalék
CO ₂ + CO	95 ± 2	0,03	90	százalék
H ₂ O	0,5 – 1,1	0,4 – 1,3+	0,0001	százalék
<i>Nyomás</i> (felszíni)	100 000	1033	7	millibár
<i>Ionoszféra</i>				
max. sűrűség	1 000 000	1 500 000	150 000	elektron/cm ³
magasság	200 – 300	100 – 450	110 – 150	km

Megjegyzés: + Közép-Európában

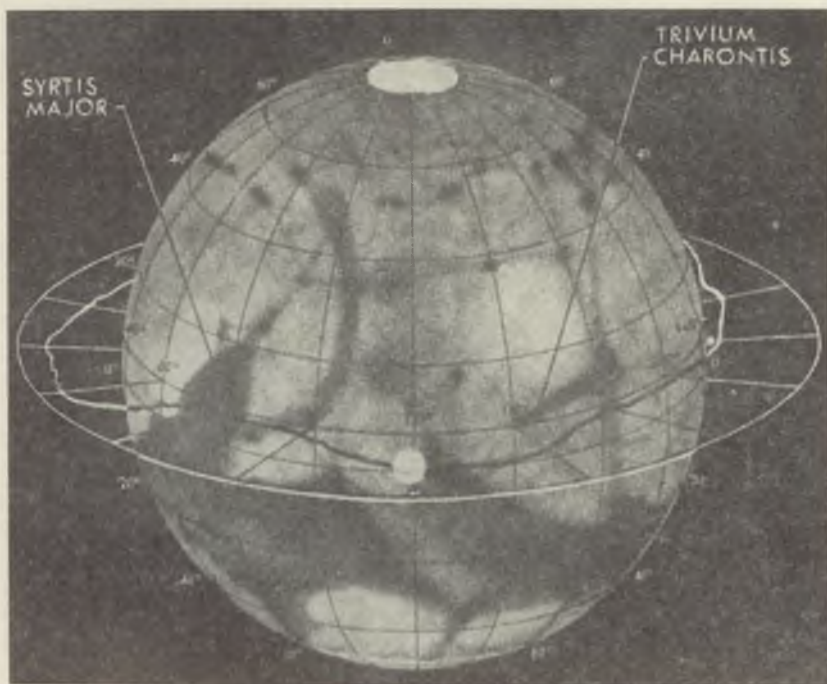
A bolygók és a Hold felszíne

A Föld-típusú bolygók közül jelenleg a Holdról és a Marsról állnak rendelkezésre részletesebb adatok (és természetesen magáról a Földről). A Merkúr felszínét az észlelési viszonyok nehézségei folytán alig ismerjük, míg a Vénusz felülete optikai műszerekkel alig észlelhető, csupán radarvisszaverődések nyújtanak néhány, eléggé vitathatóan értékelt adatot.

A Földre, a Holdra és a Marsra – továbbá feltehetően a Merkúra is – eléggé jellemző, hogy felszínükön nagy kiterjedésű, az átlagos felszínnél jelentősen mélyebb medencék és a középszíntből kiemelkedő kontinensek váltakoznak. (A medencéket azonban csak a Föld esetében töltik ki óceánok.) A Földtől eltérően azonban a Hold-beli, és talán a Merkúr-beli medencék egy része nagyjából kör alakú. A Marsnál, éppen az újabb vizsgálatok kétségesé tették a felszíni képződmények korábbi értelmezésének helyességét, de úgy tűnik, hogy ott a mély és a magas térszíni formák határvonalai inkább emlékeztetnek a földi viszonyokra; nagyjából egyenesek és gyakoriak a háromszögletű alakzatok. A földi kontinenseknél ez a forma eléggé gyakori, gondoljunk pl. Észak- és Dél-Amerika, Afrika vagy India alakjára.

Ugyancsak lényeges eltérést jelent, hogy a Földön gyakoriak a viszonylag fiatal *gyűrt hegyek* (ilyenek pl. a Kárpátok), míg a Holdon és a Marson gyűrt hegylánccal nem találkozunk, ezzel szemben a kontinenseket gazdagon borítják a gyűrű alakú *kráterképződmények*. Figyelmet érdemel, hogy újabban R. M. Goldstein és S. Zohar a Vénuszról készült radar-térképeken egy ugyancsak gyűrű alakú, közel 240 km átmérőjű képződményre bukkant. Azt azonban ma még nem állíthatjuk, hogy valóban „Vénusz-kráterről” van szó, hiszen pl. a Földről készített radartérkép a Kárpát-medencét szintén gyűrű alakú „kráternek” mutatná.

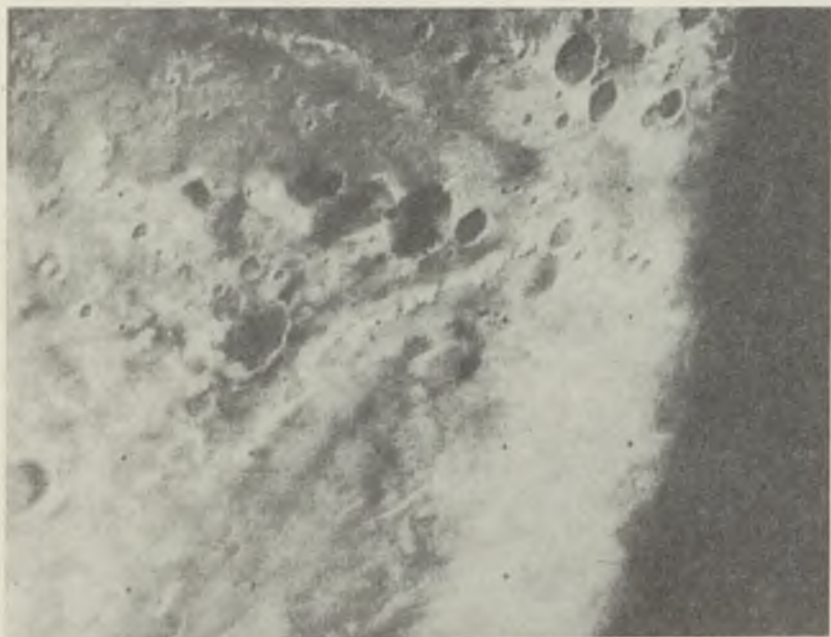
Igen meglepő a Vénusz, Föld, Mars és a Hold tetemes *szintkülönbség* értéke, különösen ha azt a bolygó átmérőjéhez viszonyítjuk. A Földön a legmélyebb tengeri árok és a legmagasabb hegycsúcs közti különbség kerekén 20 km, ez a föld-átmérő 0,0016-ed része. A Holdnál a magasság különbség kb. 12 km-re tehető, ami 0,004-ed résznek felel meg. A Mars térszíni magasságait a bolygó egyenlítői övezetében *C. Sagan*



27. ábra. A Mars térszíni magasságainak változása az egyenlítői övezetben (a hullámos, körbefutó görbe vonal). Az egyenlítő körüli kör a 10 km-es magassági szintet jelzi. A lépték erősen torzított a Mars átmérőjéhez képest!

és *J. B. Pollack* vizsgálta először, radar-visszhang segítségével. Az általuk nyert értékeket újabban *R. Goldstein* egészítette ki, mintegy 400 Mars-beli pont szintkülönbségének meghatározásával. Ezek szerint a bolygó egyenlítői övezetében a legnagyobb magasságkülönbségek elérik a 13,3 km-t. A *Mariner-4* képei alapján azonban úgy látszik, hogy a pólus környékén 15 km-es szintváltozás is előfordul. Az utóbbi értéket alapul véve az átmérőarány 0,0023, tehát másfélszerese a Földének.

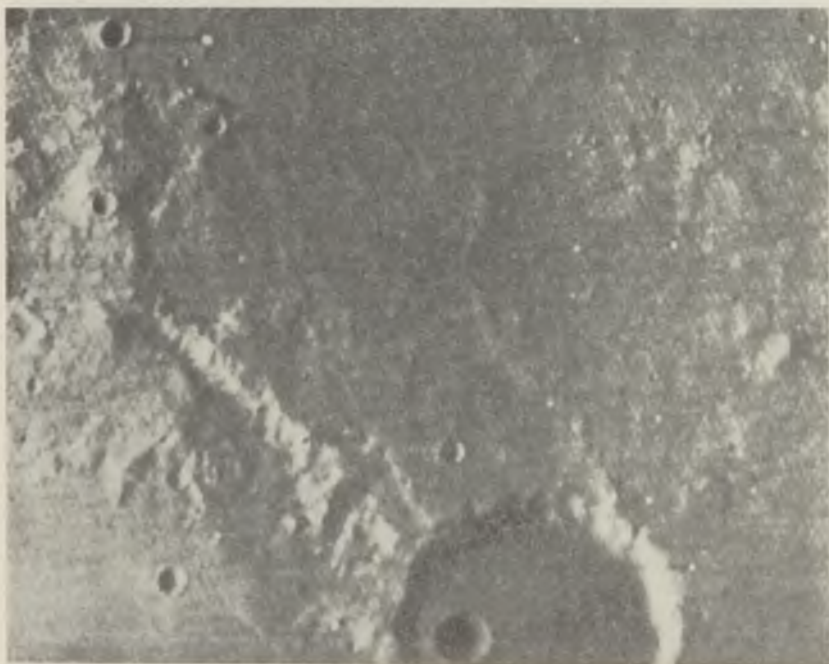
A Vénuszról nincsenek közvetlen méréseink. A NASA Goldstone-i holdkövető állomásán *R. Goldstein* és *S. Zachar* radarvisszhanggal feltérképezte ugyan a bolygót, de ily módon csupán azt állapíthatták meg, hogy hol helyezkednek el nagyobb fennsíkok vagy hegyláncok. A *Venera-5* és *-6* légnyomásméréseinek és magasságmérőinek eltérő értékeiből ezeket a kiemelkedéseket hozzávetőleg 20 km-re becsülhetjük, ami az átmérőarányra a Földéhez hasonló értéket ad. A Merkurról jelenleg még ilyen adatok nincsenek.



28. ábra. A *Mariner-7* 19-ik felvétele a Mars déli pólusának környékéről. A kép hosszabbik oldala kb. 1900 km hosszúságot jelent. Számos kráter (sötétebb kör alakú foltok) mellett jól látható a kép felső részén egy hosszabb hegygerinc. A felszín nagy részét széndioxid-hó borítja

Különösen meglepő, hogy miért nem észlelték régebben a Mars igen magas domborzatát? Erre részben ugyancsak Goldstein kutatásai adják meg a választ. A Mars-beli hegyvidék lejtői ui. *nagyon lankásak*, az emelkedés üteme lassú, alig néhány fokos szöget alkot a vízszintessel. Így pl. a Syrtis Maior nevű sötét terület, 800 km-en át alig egy-két százalékos lejtővel éri el a 6100 m-es magasságot.

A Mars felszínének nagyon figyelemreméltó alakzatai a *kráterek*, amelyek főbb vonásaikban a holdkráterekhez hasonlóak. Átmérőjük néhány száz métertől mintegy 500 km-ig terjed, és a különböző méretű marskráterek száma hasonlóan változik, mint a Hold gyűrűshegyeié. Itt is nagyjából két krátertípus ismerhető fel; a bonyolultabb szerkezetű *nagyobb kráterek* és a kisebb átmérőjű *gödörkráterek*. A nagy kráterek többnyire központi belső hegykúppal rendelkeznek, körsáncuk egymásba illeszkedő, lépcsőzetes hegykoszorúkból áll. Néha a hegyperemen kisebb kráterek is felismerhetők. A kisebb gödörkrátereknek csupán egy éles gyűrűperemük van, és központi kúppal nem rendelkez-



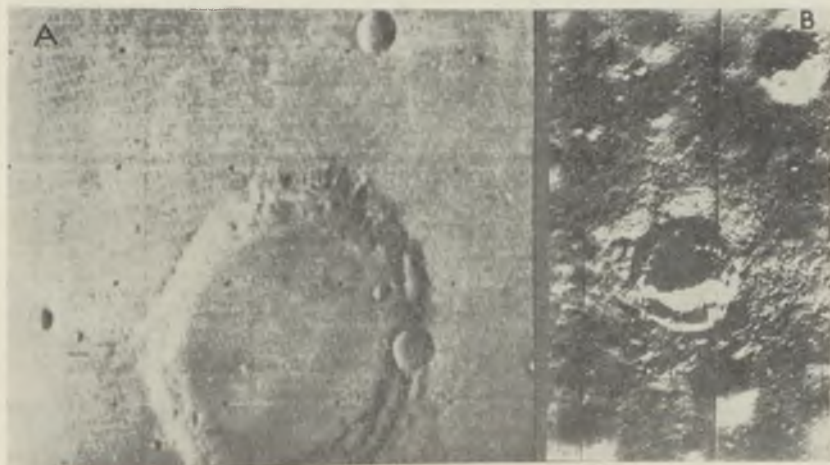
29. ábra. Egy 230 km-es kráter (lent) a Deucalionis Regio nevű területen, a Mariner-6 felvételen. Tőle balra egy hegygerinc húzódik. Képméret: 64×80 km. Távolság: 4440 km.

nek. A Mars krátereiben is jól felismerhetők az egykori *hegycsuszamlások* és *sziklaomlások* nyomai.

Figyelemre méltó különbséget jelent azonban a Hold-beli és a mars-kráterek között, hogy az utóbbiak sokkal erősebb mértékű *lepusztulás* és *betemetődés* nyomait mutatják. Egyes kráterek már valósággal eltűntek, „elsüllyedtek”. Ennek ellenére még ma is igen tetemes a Mars krátereinek száma. R. B. Leighton egy 880×642 km-es területen 156 krátert számlált össze 3 és 240 km közti átmérővel.

A Mariner-6 és -7 felvételein számos alacsony *hegygerinc* és több aránylag lapos, széles és eléggé szabályos vonalú mélyedés, *árok* ismerhető fel. Ez utóbbiak egy része a régebbi Mars-térképeken feltüntetett csatornákkal (sötét, viszonylag egyenes vonalakkal) azonosítható. Más „csatornák”, amint azt E. M. Antoniadi már régebben kimutatta, kisebb, sötét foltok összeolvadó képe nyomán láthatók.

Nem egészen tisztázott, hogy miként függ össze a kráterek elhelyezkedése az optikailag is észlelhető sötét, ill. világos területekkel. A régebbi Mars-térképekre vetített Mariner-felvételek mindkét vidéken mutatnak krátereket. B. Murray és B. Smith a térképek egyeztetése nyomán két, némileg eltérő területet mutatott ki. A Hellas elnevezésű világos vidék aránylag sima, egyenletes. Ezzel szemben a „Kaotikus övezet” kráterekkel és hegyhátakkal, szakadékokkal szétszabdalt, igen változatos terep.



30. ábra. Nagy kráter a Deucalionis Regio-ban, a Mariner-7 felvételén. A kráter felső részén jól láthatók a sziklaomlások, a jobb oldali kráterfalnál feltűnő a több hegyesorból, lépcsősen egymásba illeszkedő jelleg is. Távolság: 4580 km
B. ábra: A Lunar Orbiter-3 felvétele a Hold túlsó oldalának egy kráteréről. Itt is jól kitűnik a többszörös, koncentrikus gyűrűkből álló kráterfal

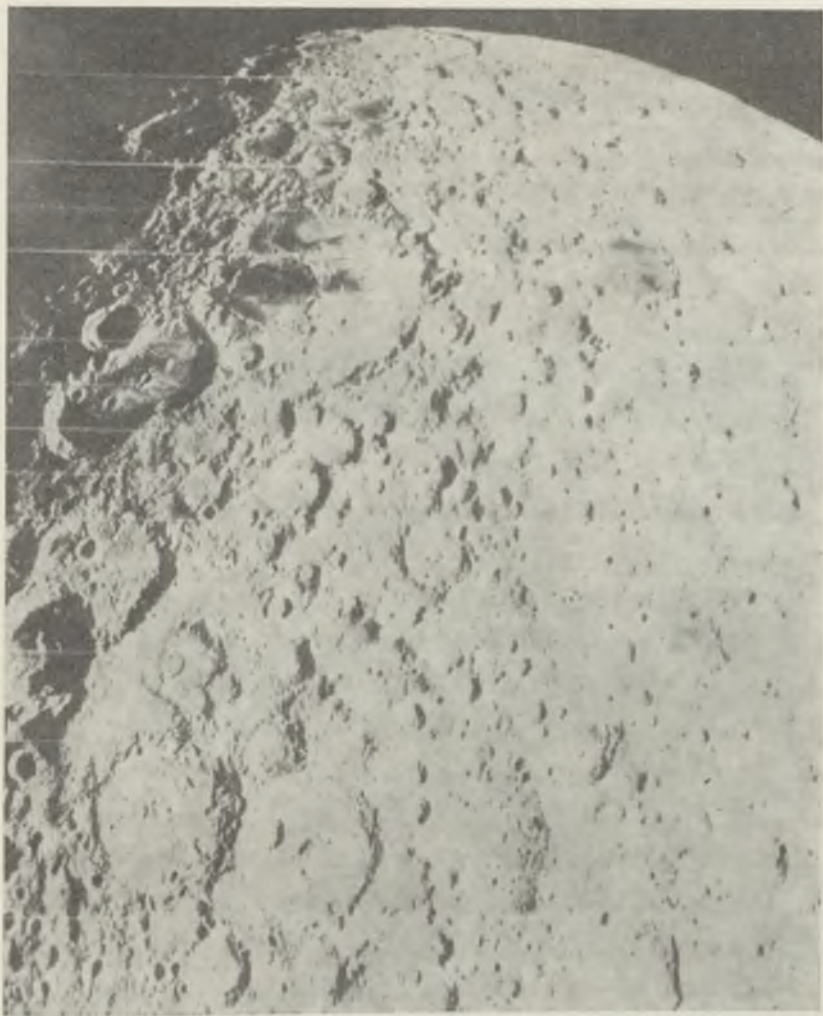


31. ábra. Mars-kráterek elhelyezkedése a hagyományos Mars-térképen. Balra fent a Sabaeus Sinus és felette a Deucalionis Regio nevű területek, a „Kaotikus övezettel” (A 4. 5. 6. 7. ábrák a NASA-Archívumból)

Általánosságban a sötét színű területek gazdagabbnak látszanak kráterekben és más felszíni alakzatokban. Hatalmas méretű Mars-krátereknek bizonyultak a korábban „oázis”-oknak nevezett kerek, sötét foltok is.

A kráterek egy részének „betemetődése” is igazolni látszik azt az elgondolást, amely szerint a Mars-felszín nagy részét laza homok- vagy portakaró fedi. Erre utalnak a Marson gyakori porviharok is. Színezete és fénysarkítása alapján V. V. Saronov a Mars-homokot vas-oxidos anyagnak tartja. D. Morrison számításai szerint a világos területen 0,02–0,04 mm átmérőjűek, a sötét vidékeken tízszer nagyobbak a por-szemcsék. A szemcseméretet és optikai viselkedését feltehetőleg az igen csekély, de kimutatható vízpáratartalom ingadozása is befolyásolja.

Az eddigi három Mariner mars-szonda segítségével is csak a bolygó felületének mintegy 15 százalékát ismertük meg részletesebben (3 km-es, egyes területeken 100 m-es pontossággal). Ezzel szemben ma már a Hold felszínét nagy vonalakban teljesen feltérképezték, a Lunar Orbiter képei alapján a túlsó félgömb eléggé pontosnak tűnő térképe is kidolgozásra került. A Luna-3 történelmi nevezetességű útja óta (1959) a Luna-12, Zond-3 és legfőként az Orbiter 1...5 sorozat (1966–



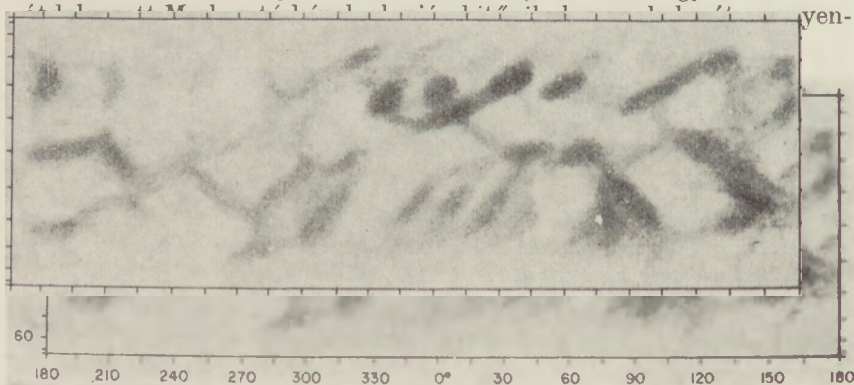
32. ábra. A Lunar Orbiter-3 felvétele a Hold túlsó oldaláról. Fent: a Hold északi pólusa. A bal felső peremen, az árnyékhátár közelében látható a Mare Moscoviense (Moszkva Tengersé), egy többszörös fallal övezett 200 km-es Thalasszoid, amely egyúttal az egyik Mascon is. (NASA-Archívum.)

68) nyomán részletesebb térképeink állnak rendelkezésre a túlsó félgömről, mint pl. a századforduló idején az innenső oldal legjobban észlelhető részeiről!

Amint a képek alapján kiderült, a Hold felszínének csupán 1/4-ét alkotják a medencék, míg a több rész kontinentális terület. Érdekes módon a túlsó holdfélgömbön jelentős méretű medence nem található. Ezzel szemben feltűnő egy másik képződménycsoport, amelyet *J. N. Lipszki* mutatott ki a Zond-3 felvételei alapján: ezek a *Thalasszoidok*. A Thalasszoidok 200–300 km körüli átmérővel rendelkező, a medencékhez hasonlóan mély területek, amelyeket többszörös, koncentrikus hegysor-gyűrű vesz körül. Általában kevésbé mélyek, mint a medencék, a Mare-területek („Tengerek”). Legjellemzőbb képviselőjük a túlsó félgömbön a Mare Orientale (Keleti Tenger). *G. P. Kuiper* úgy vélekedik, hogy az innenső féltéken is vannak Thalasszoidok — pl. a Clavius vagy a Schickard kráterek —, amelyek azonban feltöltődtek. Adós marad azonban a válasszal, hogy a túlsó holdfélgömbön a feltöltődés miért maradt el.

A Hold nagy krátereinek szerkezetileg hasonlóak a Mars krátereikhez, csupán kevésbé lekoptatottak, ill. feltöltöttek azoknál. Ezzel szemben még a legjobb felbontóképességű Mars-szonda fényképek sem mutattak meg olyan, 100 m-es méret alatti kis krátereket, amelyek nagy számban borítják a Hold felszínét. Ezek az ún. *elsődleges és másodlagos kráterek* láthatóan a meteoritok becsapódásakor, vagy a nagyobb kráterek keletkezésekor szétszóródó kőzetdarabok ütközése nyomán jöttek létre.

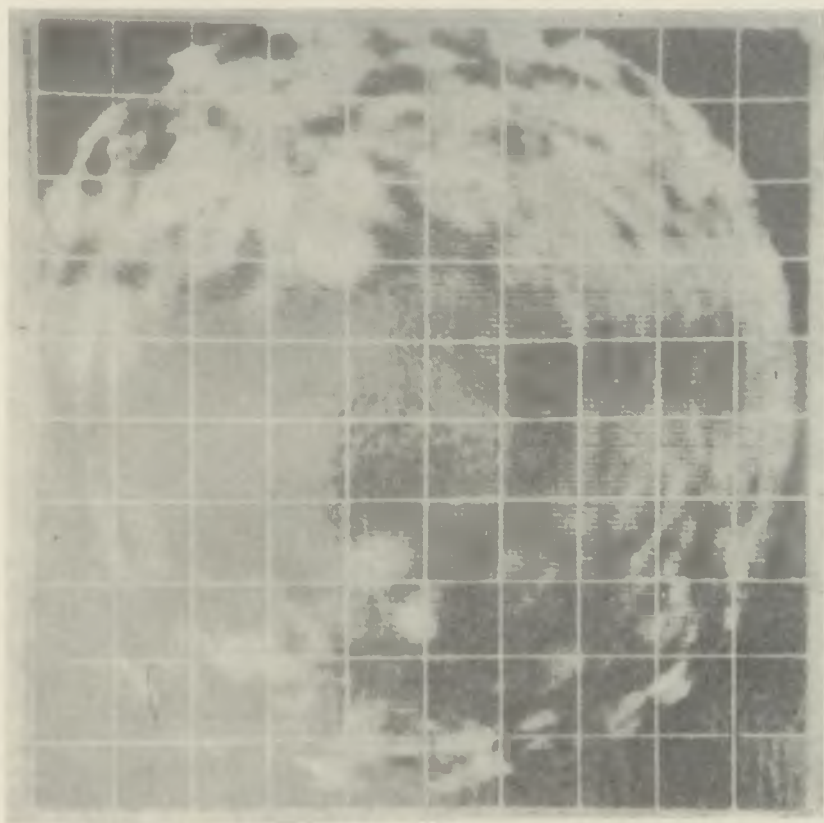
A *Merkur felszíne* feltételezhetően hasonló a Holdéhoz. Ha elfogadjuk azt az elképzelést, amely szerint a sötét területek a Hold ugyan- csak sötét színű Tengereihez hasonló mély vidékek, úgy az újabban



33. ábra. A *Merkur* térképe a korábbi rajzok és térképek, valamint az újonnan mért tengelyforgási idő alapján átdolgozva. (*P. Cruickshank* nyomán.)

lítójével párhuzamos medencesor övezi. A Merkúr hegyszerkezetéről feltevéseink sincsenek.

Ugyanez a helyzet a *Vénusz felszínére* vonatkozó elképzelésekkel. A Goldstone-i 64 m-es rádiótávcsővel *R. Goldstein* és *S. Zachar* elkészítette a Vénusz radartérképet, amelyen számos, a környezettől *eltérő visszaverőképességű* és állandó terület tűnik fel. Ezek lehetnek magas fennsíkok, „kráterek” vagy mély gödrök is. Amennyiben valóban hegyeknek bizonyulnak, úgy a Vénuszon igen hosszú hegyláncoknak kell lennie, mivel az „alfa” és „béta” jelzésű képződmények elérik a 3000–5000 km-t is. A radar-visszaverődés azonban arra is utal, hogy a Vénusz



34. A Vénusz radar-visszhang térképéhez készült egyik felvétel a goldstonei rádiótávcsővel. Jól kitétnik, hogy a bolygó északi félgömbje (fent) erősen visszaverő területekkel – világos foltok – jobban fedett, mint a déli rész

felszínén — legalábbis az egyenlítőt övező zónában — *nincsenek óceánok*, nagyobb kiterjedésű vízfelületek.

Erre a következtetésre jutott a Nobel-díjas *W. F. Libby* is, amikor kimutatta, hogy a Vénuszon azért sem lehet szabad vízfelszín, mivel az elnyelné a széndioxidot, és ezzel a CO_2 nyomás csökken. Szerinte azonban a Vénusz vízkészlete a sarkvidéket borító, 5 km körüli vastagságú jégmező formájában kifagyott. Valóban, az egyes rádiómérések a Vénusz sarki övezetében alacsonyabb hőfokot adnak az egyenlítőnél. Az elpárolgó vízből felhők képződnek, amelyeket a heves légáramlások a sarkok felé sodornak és ott hó formájában ismét lecsapódnak. Bármilyen tetszetős is ez a gondolat, egyelőre közvetlen bizonyítékai még hiányoznak.

Ásvány- és kőzettani kutatások³

A planetológia eddigi legnagyobb eredményét kétségtelenül a *Hold közeiteinek* közvetlen ásvány-, kőzet-, kristálytani és fizikai elemzése jelentette. Ezúton jelentősen közelebb kerültünk egy, a Földtől eléggé eltérő égitest megismeréséhez.

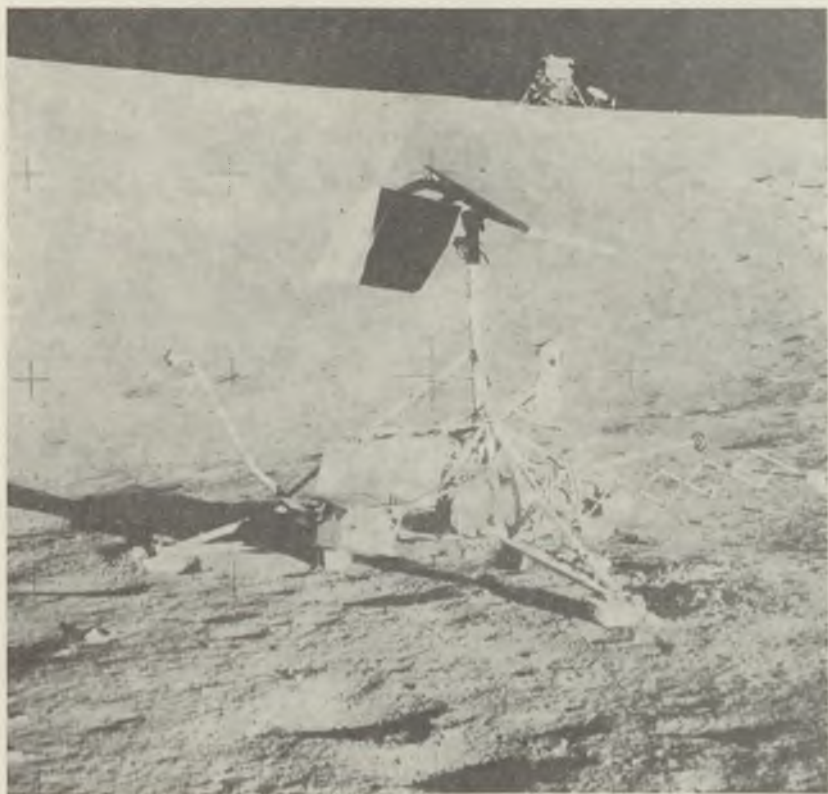
Jelenleg a Hold három területéről: a Mare Tranquillitatisből (Nyugalom Tengere), a Mare Foecunditatisből (Termékenység Tengere) és az Oceanus Procellarumból (Viharok Óceánja) áll rendelkezésre közvetlenül tanulmányozható anyagminta. Az Apollo-11 által hozott 8 kg-nyi, az Apollo-12-es 34 kg-os és a Luna-16 automatikusan Földre szállított 0,1 kg-os kőzetanyaga mellett azonban önműködő holdszondák elemzése is bővíti adatainkat. A Luna-13 (1966) az Oc. Procellarumban, a Surveyor-5 (1967) a M. Tranquillitatisban, a Surveyor-6 (1967) a Sinus Uediben, a Surveyor-7 (1968) a Tycho kráter külső pereménél végzett önműködő elemzést, míg a Luna-17 önjáró holdjárműve a Lunohod-1 (1970) a Mare Imbriumban (Esők Tengere) végez méréseket. Ezek a mérések annál érdekesebbek, mert a közvetlen anyagminták csak a Hold sík területeiről állnak rendelkezésre, míg a Surveyor-6 és -7 már a hegyvidéket képviseli. Nehezíti azonban felhasználásukat, hogy nem adnak felvilágosítást a kristályszerkezetről, csupán az egyes elemek atomjainak százalékarányáról.

A tv-kamerák és a közvetlen felvételek egyaránt arról tanúskodnak, hogy a holdfelszín igen nagy mértékben „göröngyös”, szaggatott. A sík

³ Az Apollo-11 mintáinak feldolgozásában 150, az Apollo-12 értékelésében közel 200 kutatócsoport vett részt, ezért az eredményekre mindenütt nem is lehet név szerint hivatkozni. Az itt következő adatok a Science „Speciális holdszámból” származnak (Vol. 167. No. 3918. 1970. jan. 30.), továbbá a Newcastle up on Tynon tartott planetológiai konferencia összefoglalójából (1970).

területeken is nagyszámú, decimétertől méteres nagyságrendig terjedő krátert találunk, és ugyancsak nagyon sok a kisebb-nagyobb kődarab is. Mind a kráterek, mind a kőtömbök egykori *vulkáni bombák* és *meteorit* becsapódások maradványai. Érdekes, hogy ennek ellenére a kőzetminták csak igen csekély százalékban tartalmaznak meteorit darabokat. Valószínűleg a Holdra csapódó meteoritok nagy része a beütközés energiájától szétfröccsent, és anyaguk a holdfelszín borító portakaróval keveredett össze.

A „holdpor” már régebben is sok vitára adott alkalmat. A Hold felszínének rádió-hőmérséklet mérése alapján már másfél évtizede felmerült az a gondolat, hogy kísérőnk felszínét egy jó hőszigetelő anyag-



35. ábra. A Surveyor-3 automatikus holdszonda a háttérben az Apollo-12 holdkompjával (mellette az irányítható antenna). Megfigyelhető a képen a talajt fedő portakaró, amelyet a leszálló talpak feltártak, továbbá több kis kráter (kb. méteresek) és deciméteres kődarabok. (NASA Foto)

réteg fedi. Ezért számos kutató felvetette azt a lehetőséget, hogy a Holdon laza, deciméter — méter vastagságú — esetleg még vastagabb — porréteg található. Ezzel szemben *V. S. Troickij* a Gorkij Rádiócsillagászati Állomáson a 3–70 cm közti rádiósugárzás méréséből arra következtetett, hogy a holdfelszín felső 5–6 m-es rétege inkább *szivacsos, habkőszerű* vulkanikus kőzetanyag, amely ugyancsak jó hőszigetelő. A „holdpor” ellen szóltak a Ranger- és Surveyor-szondák adatai is.

Az Apollo-11, -12 és Luna-16 minták, ill. megfigyelések végül is arra utaltak, hogy a Hold sík területein egy *aránylag vékony*, 5–25 cm-es porréteg fellelhető, míg a 10–400 cm mélységből vett kőzetminták a „habkő” feltevés mellett szólnak.

A Tranquillitatis-bázis (Apollo-11), Procellarum-bázis (Apollo-12) és Foecunditatis-pont (Luna-16) gyűjtése alapján a holdmedencék felületén — kb. félméterig — a következő kőzetanyagok találhatók:

1. Holdpor, amely 0,1–0,01 mm-es szabályos, vagy kissé megnyúlt üveggömböcskékből és kristály törmelékekből áll. Az üveggömböcskék részben áttetszők, részben vöröses, sárgás, zöldes vagy sötét árnyalatot mutatnak.

2. Tömör, kristályos kődarabok, egy részük kicsiny zárványokat, buborékokat is tartalmaz.

3. Kis kőzettörmelékekből összetapadt, ún. breccsia. Mivel a törmelékek milliméteres—centiméteres nagyságrendűek, a szakirodalomban mikrobreccsia néven szerepelnek. A törmelékek anyaga azonos a tömör darabokéval.

Az Apollo-11 kőzetmintáit az alábbi csoportok szerint is osztályozták: *A. típus* = finom kristályszemcsés, zárványokat tartalmazó, *B. típus* = közepes szemcsézettségű, kristályos, *C. típus* = mikrobreccsia, *D. típus* = holdtalaj (por és törmelék). Feltűnő, hogy — főként a Procellarum-bázis kőtömbjeit és szikláit vékony, *megüvegesedett* réteg vonja be, amely szorosan tapad a kőzetdarabokhoz. A Földön sem a holdpornak, sem az üvegbevonatnak megfelelő anyagelőfordulás nem ismert.

A tömör, kristályos kőzetanyag és a breccsiák anyaga azonban jól azonosítható és leginkább a *bazalt*, ill. annak mélységbeli magnás változatának, a *gabbrónak* felel meg. Egyes kutatók a holdmedencék kőzetanyagát a földi óceánok aljával hasonlítják össze.

Leggazdagabbak a holdkőzetek szilíciumban (Si), oxigénben (O), alumíniumban (Al), vashban (Fe), magnéziumban (Mg) és kalciumban (Ca). Feltűnő volt a Tranquillitatis-bázison a titánium (Ti) igen nagy gyakorisága, ennek százalékaránya 5–7 százalék körül mozog. A Procellarum-támaszponton a titánium-tartalom már aránylag kevesebb

(4 százalék alatt). Ezzel szemben a földi átlagnál alacsonyabb az alkálifémek — nátrium, kálium — mennyisége is. A ritkaföldfémek (titánium, cirkonium, yttrium, mangán) többlettel szemben a földi átlagnál kevesebb az ólom, a bizmut és az urán, hiányzik az arany, ezüst és platina. Kis mennyiségben színvast és csekély nikkel-tartalmat is találtak.

Igen jellegzetes a *fémoxidok* aránya, amely nagyon határozottan mutatja a bazalt-gabbro hasonlóságot. Leggyakoribb a szilíciumoxid (SiO_2), vasoxid (FeO_2), alumíniumoxid (Al_2O_3), magnéziumoxid (MgO), kalciumoxid (CaO) és — főleg a Tranquillitatis-támaszponton — a titániumoxid (TiO_2). Az üveggömböcskéknél ezek százalékaránya az elszíneződéstől függően változik. Az áttetsző gömbök SiO_2 és Al_2O_3 -ban gazdagabbak, míg FeO és TiO_2 tartalmuk aránylag kicsi. A barnás-vöröses gömböcskék viszont kevesebb SiO_2 mellett sok FeO -t és TiO_2 -t tartalmaznak. Éppen a különböző anyagok okozzák a változó színeződést.

Mindeddig nem sikerült sem *víznek*, sem *szerves molekuláknak* nyomaint kimutatni. Az ezreléknyi kristályvíz és a milliomod résznyi metán (CH_4) vélhetőleg meteoritektől behurcolt anyag. Az Apollo-11 kőzetmintáinak kémiai összetételét, ill. az oxid-százalékokat a IV. és V. táblázat mutatja, összehasonlítva a Surveyor-mérések eredményeivel és földi kőzetanyagokkal ill. a meteoritok átlagával.

A holdkőzetek *ásványaira* jellemző azoknak előfordulása, amelyek a magma lehűlése során, 1500–1050 fok közt válnak ki. Legnagyobb gyakorisággal a *klinopiroxén*, (vas—magnézium—kalciumszilikát), a *plagioklász* (kalcium—nátrium—alumínium tartalmú szilikát), az olivin (vas- vagy magnéziumszilikát), és a szilíciumoxid egyik változata, a *krisztobalit*. A gazdag titánium-előfordulás főleg az *ilmenit* (FeTiO_3) gyakoriságában mutatkozik. Új ásványtípusokat eddig még nem mutattak ki, csupán a Földön ismert ásványok módosulataira bukkantak.

Ilyen a *ferro-pszeudo-brookit*, amely a pszeudobrookit (Fe_2TiO_3) változata — ennek elnevezéséül a Kennedyt-et javasolták. A *króm-titán-spinell* a földi spinell (MgAl_2O_3) Cr-ben gazdag módosulata (javasolt neve: Tranquillit), a *piroxmangit* pedig gazdag Ti, Al, Mg, Cr tartalmú szilikát.

Az ásványtani összetétel arra mutat, hogy a *holdfelszíni kőzetek* aránylag gyors magma-kihűlés során jöttek létre. A Hold későbbi fejlődése során ezeket a kőzeteket sem víz, sem légkör behatása nem érte. A holdpor üveggömböcskéi valószínűleg meteorit ütközések nyomán keletkeztek, ennek során a meteorit és a kőzet anyaga hirtelen megolvadt, majd parányi szilikát cseppek formájában szilárdult meg újra. A kémiai összetételben lényeges különbséget a Hold különböző pontjain végzett mérések, ill. gyűjtések nem mutatnak.

VI. táblázat

A holdfelszíni kőzeteket alkotó leggyakoribb elemek százalékarányai
(Összehasonlítva a Földdel és a kőmeteoritok átlagával)

Elem	Apollo-11 (M. Tranquillitatis)				Surveyor-			An-orthozit.	Plato-bazalt	Föld-kéreg	Kő-meteoritok
	A. típ.	B. típ.	C. típ.	D. típ.	-5	-6	-7				
O	38,5	39,4	41,4	40,8	58	57	58	60,9	44,0	49,5	42,0
Si	18,9	18,7	19,7	20,2	18,5	22,0	18,5	16,2	23,2	25,7	21,4
Fe		16,2	14,0	12,0	3,0	5,0	2,0+	2,0+	10,4	4,7	12,4
Al	4,3	5,5	7,4	7,7	6,5	6,5	6,0	11,3	7,4	7,5	1,6
Mg	3,9	4,6	4,6	4,8	3	3	4	4,1	4,1	1,9	15,9
Ca	5,8	7,4	8,1	7,4	10,0	6,0	6++	—	6,9	3,4	1,9
Ti	6,2	5,9	4,7	3,9	?	?	?	—	1,3	0,5	0,2
Na	0,36	0,32	0,35	0,31	—	—	3	0,2		2,63	0,72
K		0,14	0,09	0,09						2,40	0,26
Cr		0,21	0,22	0,18						0,03	0,50
Mn	0,17	0,18	0,16	0,16						0,09	2,01
Cu	0,0012	0,0011	0,0013	—						0,06	2,01

Megjegyzés: Az Apollo-kőzetminták betűjelzését, valamint a kémiai elemek rövidítéseinek jelzését l. a szövegben. + = Ti, Cr, Mn és Ni tartalommal együtt.
++ = P, S és K tartalommal együtt.

Ettől csupán a Tranquillitatis-támaszpont 1656 kőzetdarabkája közül az a 61 tér el, amely a többenél világosabb színű és kisebb sűrűségű, magas kálium és alumínium tartalmú *anorthozit*-nak bizonyult. Mivel összetételük közel áll a Surveyor-7 kémiai elemzéséhez a Tycho kráter közelében, könnyen feltételezhető, hogy az anorthozit darabok a kráter keletkezésekor szétdobott kőzet-rögök. Ebből kiindulva J. A. Wood és munkatársai arra gondolnak, hogy a Hold külső kérge eredetileg a kisebb sűrűségű (2,9 g/cm³) anorthozit, amely alatt a nagyobb sűrűségű (3,3 g/cm³) gabbro helyezkedik el. Az anorthozit-kéreg átlagosan mintegy 25 km vastagságú, csupán egyes Mare-k — medencék — alatt nyomul magasabbra a sűrűbb magma. Mivel itt a felszínhez közelebb, kb. 1–3 km mélységben van a nagyobb tömeget képviselő vas—titánium-gazdag magma, a medencék alatti gravitációs rendellenesség jelentkezik a Masconok formájában.

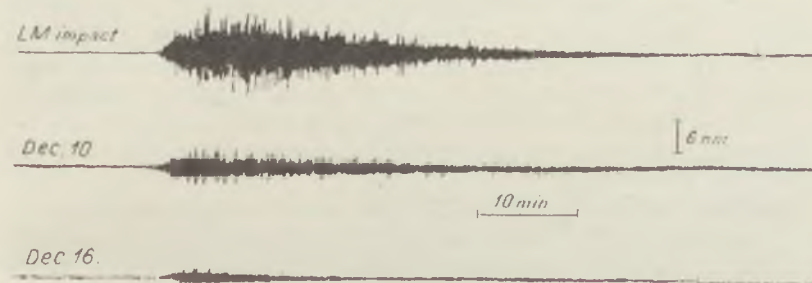
Ez a belső szerkezet modell eléggé valószínűnek tűnik, de csak részletesebb vizsgálatok, elsősorban a *holdrengések* — szeizmikus — képe nyújthat bővebb felvilágosítást. Az Apollo-11 és -12 nagy érzékenységgű szeizmoinventúrái e téren érdekes eredményre vezettek. A rengések — ellentétben a Földön megszokott gyors „beütéssel” induló szeizmogramokkal — a kezdet után lassan erősödnek, de ugyancsak lassan halnak el. E szempontból igen tanulságos volt az a két mesterséges rengés, amelyet az Apollo-12, majd -13 Holdra dobott utolsó fokozatai keltettek.

VII. táblázat

A holdközetek átlagos oxid-százalékai a Surveyor-5 méréseivel kiegészítve

Vegyület	Apollo-11 (M. Tranquillitatis)				Sur- veyor- 5	Gabb- ro- átlag	Föld- kéreg átlag	
	Átlag	üveggömbök		Fer- ropsz. brook- kit				
		I.	II.					
SiO ₂	42,13	45,5	37,2		46,4	48,24	59,12	(Szilíciumoxid)
Al ₂ O ₃	13,64	27,0	5,2	1,48	14,4	17,88	15,34	(Alumíniumoxid)
TiO ₂	7,69	0,45	10,7	71,4	7,6	0,84	1,05	(Titánoxid, Rutil)
FeO	15,29	3,8	24,7	1,47	12,1	5,95	3,80	(Vasoxid)
Fe ₂ O ₃	0,06							
MgO	7,38	6,9	13,1	8,7	4,4	7,51	3,4	(Magnéziumoxid)
MnO	0,21	0,80	0,30	0,07				(Mangánoxid)
CaO	11,32	15,0	7,7	0,32	0,6	2,55	3,84	(Kalciumoxid)
Na ₂ O ₃	0,54	0,24	0,24	—	—	10,99	5,08	(Nátriumoxid)
K ₂ O	0,16	0,02	0,04	—	—	0,80	3,13	(Káliumoxid)
Cr ₂ O ₃	0,33	0,12	0,6	1,94	—			(Krómozid)

Megjegyzés: Az Apollo-11 átlaga a tömör kővekre és breccsiákra vonatkozik. Az üveggömböcskék I. típusa teljesen áttetsző, a II. típus vöröses-barna. A ferropszudo-brookit a Holdon fellelt új vas-titánium ásványmódosulat.



36. ábra. Holdrengések szeizmogrammjai. Fent: az Apolló-12 harmadik fokozatának becsapódási hatása, alul két természetes holdrengés. Megfigyelhető a rengések aránylag lassú erősödése és hosszú lefutása. A vízszintes lépték 10 percet, a függőleges 0,006 millimétert jelent. (A Science nyomán.)

A jelenség magyarázatául G. Latham feltételezi, hogy a Hold kérgének külső, néhány kilométer vastag övezete szilárdan egymáshoz kapcsolódó, de repedésekkel átszabdalt közettömbökből áll. Ez az ún. holdbeli *regolit* aránylag jól vezeti a rengési hullámokat, de nagymértékben szórja is azokat.

A holdrengések másik jellegzetessége, hogy különösen holdhónaponként egyszer jelennek meg gyakran, abban az időpontban, amikor a Hold földközeli van. Ez a jelenség már régebben ismeretes, a Hold

felszínének egyes területein fellépő, rövid idejű fényjelenségek vagy elhomályosodások révén, az ún. Middlehurst-effektusként. (Az ilyen időszakos holdjelenségek feltételezhetően belső gázkiáramlások nyomai.) Mivel mindkét jelenség leggyakrabban akkor következik be, amikor a Föld gravitációs hatása a legerősebb, feltételezhető az is, hogy a Hold belső tevékenységét az árapály hatások irányítják. G. Latham szerint a természetes holdrengések egyik fészke a Fra Mauro krátertől 50 km-re helyezkedik el.

A holdfelszín regolit-szerkezetéből arra következtethetünk, hogy a Hold múltjában, a felszíni kőzetanyag megszilárdulási időszakában katasztrofális hevességű *kéregmozgások* zajlottak le. Ez az elképzelés jó összhangban van a Hold kőzeteinek kormeghatározásával. A kőzetek ún. *megszilárdulási kora* ui. a radioaktív mérések alapján két érték körül csoportosul. Egyrészt mind a tömör, kristályos kődarabok, mind a törmelékes breccsiák egy része *4,1–4,7 milliárd évesnek* bizonyul. Ez a kor egyezik a legidősebb földi kőzetek korával (4,65 milliárd év), és a kőmeteoritok átlagos korával is. A kődarabok másik csoportjának megszilárdulási korára *2,3–3,7 milliárd év* adódott. A Procellarumbázisból (Apollo-12) gyűjtött kőzetminták egy csoportja még fiatalabb, *1,8–2,7 milliárd év* közti megszilárdulási kort adott. Mindez arra utal, hogy a Hold egyidős a Földdel, felszíne kb. 4,6 milliárd évvel ezelőtt alakult ki. Ezt követően 1–1,5 milliárd évvel később egy, esetleg két heves újraolvadás következett be, amely után azonban az eddig megvizsgált holdfelszíni pontok további változáson már nem mentek át. Az újraolvadás oka feltehetőleg néhány kisbolygó holdrazuhanása lehetett, és ez esetben ezek becsapódása nyomán jöttek létre a hold-medencék.

Jóval fiatalabbnak látszik a *holdfelszín pora*. Ezeknél elsősorban az ún. besugárzási kort állapították meg, azaz azt az időt, amióta a kozmikus sugarak érik e részecskéket. Mivel a Hold *mágneses tere* rendkívül gyenge — az Explorer-35 és az Apollo-12 mérései szerint csupán 0,0007-ed része az átlagos földi térnek (kb. 35 gamma) —, a kozmikus sugarak részecskéi a Hold felszínének bármely pontját eltérítés nélkül elérik. Mivel azonban a kozmikus sugárzás részecskéi nem hatolnak be a holdtalajba, csupán a felszíni kőzetanyagban hozhatnak létre olyan izotópokat, amelyek behatásukra jellemzők.

A behatási kor az Oc. Procellarumban 10–100 millió év, a Tranquillitatis-bázison 20–200 millió év közt mozog. A mai holdfelszín legkülső rétege tehát nagyjából ilyen idős. Ebből viszont az következik, hogy a Hold felszínén már évmilliók óta nem zajlanak le jelentősebb változások. Természetes azonban, hogy a végleges képet csak nagyszámú holdexpedíció és automata mérése után alakíthatjuk ki, és vethetjük egybe a Föld és a Mars arculatával.

Hold-, holdgő- és űrszondák felboesátása, 1966—70

1. Holdszondák, holdexpedíciók.

1966.

Luna-9 (Szu) 1583 kg (100 kg)	I. 31.	Lágy leszállás. 7°1 N. 64°4 W.	TV-képek a holdfelszínről.
Luna-10 (Szu) 245 kg	III. 31.	Holdkörűli. 347—1003 km	Hold alak, kozmikus- és hold sugárzása, meteorok.
Surveyor-1 (US) 271 kg	VII. 10.	Lágy leszállás. 2°4 S. 43°2 W.	11 150 tv-kép. Talajteherbírá.
Lunar Orbiter-1 (US) 386 kg	VIII. 10.	Holdkörűli. 182—1856, 56—1848 km	TV-képek, túlsó oldal, holdalak.
Luna-11 (Szu) 250 kg	VIII. 24.	Holdkörűli. 158—1342 km	Holdkörűli tér.
Surveyor-2 (US) 260 kg	IX. 2.	A Holdra zuhant a Kopernikus kr.-nél.	Sikertelen.
Luna-12 (Szu) ? kg	X. 26.	Holdkörűli. 99—1354 km	Holdfényképezés.
L. Orbiter-2 (US) 386 kg	XI. 6.	Holdkörűli. 206—1835, 48—1700 km	Mint a L.O.-1.
Luna-13 (Szu) 100 kg	XII. 21.	Lágy leszállás. 18°8 N. 62°0 E.	TV-képek, talajelemzés, talajpróba.

1967.

L. Orbiter-3 (US) 386 kg	II. 4.	Holdkörűli. 210—1789, 54—1832 km	Mint a L.O.-1.
Surveyor-3 (US) 281 kg	IV. 17.	Lágy leszállás. 2°9 S. 23°3 W.	6315 tv-kép, talajásás, teherbíró próba.
L. Orbiter-4 (US) 350 kg	V. 14.	Holdkörűli. 2735—6115 km	TV-képek, holdalak.
Surveyor-4 (US) 282 kg	VII. 14.	A Holdra zuhant a Sinus Medii-ben.	Sikertelen.
Explorer-35 (US) 144 kg	VII. 19.	Holdkörűli. 800—7350 km	Mágneses tér, sugárzások, holdalak.
L. Orbiter-5 (US) 366 kg	VIII. 1.	Holdkörűli. 100—1500 km	TV-képek, holdalak (Masccon-ok).
Surveyor-5 (US) 281 kg	IX. 8.	Lágy leszállás. 1°4 N. 23°2 W.	Kb. 10 000 TV-kép, közet-kémiai elemzés.
Surveyor-6 (US) 281 kg	XI. 7.	Lágy leszállás. 0°4 N 1°3 W.	11 524 tv-kép, közet-kémiai elemzés.

1968.

Surveyor-7 (US) 297 kg	I. 7.	Lágy leszállás a Tycho kr.-nél.	17 000 tv-kép, közet-kémiai elemzés.
Luna-14 (Szu) ? kg	IV. 7.	Holdkörűli. 160—870, 210—1574 km	Sugárzások, részecské számolása, holdalak.

Zond-5 (SzU) ? kg	IX. 15.	Hold-megkerülő (IX. 21. 1950 km)	Sugárázsmérés, élőlények- kel visszatért a Földre.
Zond-6 (SzU) ? kg	XI. 10.	Hold-kerülő (2300 km holdközelség)	Mint a Zond-5. Hold-foto.
Apollo-8 (US) 5,3 + 23,3 t	XII. 21.	Holdkörűli, em- berrel. 108 – 288, man, J. Lovell, W. A. 111 – 114 km 10 Anders.	Apollo-kabin próba. F. Bor- berrel. 108 – 288, man, J. Lovell, W. A. 111 – 114 km 10 Anders. keringés.

1969.

Apollo-10 (US) 5,4 + 11,9 + 25 t	V. 18.	Holdkörűli, em- berrel. 120 – 340, Stafford, J. C. Yung, E. A. 120, 15 km 30 Cernan.	Holdkomp próbája. T. P. berrel. 120 – 340, Stafford, J. C. Yung, E. A. 120, 15 km 30 Cernan. keringés
Luna-15 (SzU) ? kg	VII. 13.	Holdra zuhant a Mare Crisiumban.	Sikertelen.
Apollo-11 (US) 5,4 + 14,0 + 25 t	VII. 16.	Az ember első holdexpedíciója. Leszállás: VII. 21. 0°7 N, 23°6 E.	Közetgyűjtés, szeizmométer, szoláris szél, részecske szám- láló, magnetométer, laser- tükör. N. Armstrong. M. Collins, E. Stafford.
Zond-7 (SzU) ? kg	VIII. 8.	Holdkerülő.	Hold- és földfelvételek. Élő- lényekkel visszatért a Földre.
Apollo-12 (US) 5,4 + 14,2 + 25 t	XI. 14.	Holdexpedíció. Leszállás: XI. 19. 3°08'23"4 W.	Közetgyűjtés, szeizmométer, szoláris szél, részecske szám- láló, magnetométer, laser- tükör. C. Conrad, R. F. Gordon, A. L. Bean.

1970.

Apollo-13 (US) 27,9 t	IV. 11.	Holdkerülő.	Mint holdexpedíció siker- telen. J. Swigert, J. Lovell, F. Haise.
Luna-16 (SzU) 2 t	IX. 12.	Leszálló – vissza- térő. Leszállás: IX. 20. 0°7 S. 56°3 W.	Sugárázsmérés, közetminta- vétel. Távirányítással vis- zatért.
Luna-17 + Lunohod-1. (SzU)	XI. 10.	Távirányított holdjármű. Le- szállás 38°3 N, 35°0 E	Sugárázsmérés, talajpróbák, kozmosz röntgensugárzás.

Megjegyzés: Holdkörűli = több keringés a Hold körül. Holdkerülő = a Holdat egyszer kerüli meg. A kilométer értékek a Holdtól mért távolságot jelentik (ahol több érték szerepel, ott pályamódosítások történtek). A koordináták a leszállási pontokat jelentik, asztronautikai térkép szerint (N: észak, S: dél, E: kelet, W: nyugat). Az Apollo kísérleteknél a kabin, a holdkomp és a műszeres egység súlya külön szerepel, tonnákban.

2. Vénusz-szondák

1967.

Venera-4 (SzU) 1106 kg	VI. 12. Lány leszállás a Vénuszra, X. 18-án.	Sugárzás, nyomás, hőmérséklet, légkör összetétel mérése.
Mariner-5 (US) 113 kg	VI. 14. Vénusz-közel repülés, X. 19-én 4100 km-re.	Sugárzás, mágneses tér, részecske számlálás, ionizáció.

1969.

Venera-5 (SzU) 1130 kg	I. 5. Lány leszállás, V. 16-án.	Mint a Venera-4.
Venera-6 (SzU) 1130 kg	I. 10. Lány leszállás V. 17-én.	Mint a Venera-4.

1970.

Venera-7 (SzU) 1180 kg	VII. 17. Lány leszállás, XII. 15-én.	mint a Venera-4
------------------------	--------------------------------------	-----------------

3. Mars-szondák

1969.

Mariner-6 (US) 409 kg	II. 24. Marsközel repülés VII. 30-án 3408 km-re.	74 tv-kép, sugárzásmérés, mágneses tér, részecske számlálás, ionizáció.
Mariner-7 (US) 409 kg	III. 27. Marsközel repülés VIII. 4-én 3500 km.	126 tv-kép. Mint a Mariner-6.

4. Űrszondák (bolygóközi térben, napkörüli pályán)

1965.

Pioneer-6 (US) 64 kg	XII. 16. Bolygóközi tér a földpályán belül	Sugárzás és részecskemérés.
----------------------	--	-----------------------------

1966.

Pioneer-7 (US) 65 kg	VIII. 17. Bolygóközi tér a földpályán kívül.	Mint a Pioneer-6.
----------------------	--	-------------------

1967.

Pioneer-8 (US) 66 kg	XII. 13. Nap körül, 148–163 millió km, keringés 387,5 nap.	Sugárzás, részecskék, mágneses tér.
----------------------	--	-------------------------------------

1968.

Zond-4.	(SzU)	? kg	III. 2.	300 000 km-es földtávolság.	Földközeli tér fizikai viszonyai.
Pioneer-9	(US)	67 kg	XI. 8.	Nap körül, 122-- 148 millió km Kering: 297,6 nap	Mint a Pioneer-8.

Megjegyzés: Az 1966. előtt pályára állított Hold-, bolygó- és űrszondákról a Csillagászati Évkönyv 1967. évi (175 l.) és 1968. évi (147 – 163 l.) köteteiben valamint a Föld és Ég 1968. évi 2. számában (45 l.) találhat az érdeklődő összefoglalást.

5. Hold-, bolygó- és űrszonda indítások, 1959 – 1970.

	Hold	Vénusz	Mars	Nap körül	Összesen
Egyesült Államok	29 (12)	3 (1)	4 (1)	5 (0)	41 (14)
Szovjetunió	21 (6)	8 (4)	2 (2)	1 (0)	32 (12)
Összesen:	50 (18)	11 (5)	6 (3)	6 (0)	73 (26)

Megjegyzés: a számok az összes indítást jelentik, zárójelben a sikertelen kísérletek száma áll.

FOTOMETRIAI KETTŐSCSILLAGOK

Közel egy évszázada, hogy a mai csillagászat egyik legfontosabb területe, az asztrofizika fejlődése megkezdődött. [1]. Ezen új tudományág kialakulása folyamán fontos útmutatók voltak a kettőscsillagok. Segítségükkel értékes adatokat nyerhettünk a csillagok szerkezetéről és fizikai paramétereiről. Szerepük annál is jelentősebb, mivel a szabad szemmel látható csillagok egynegyede kettős.⁴

Ez azonban csak alsó becslés gyakoriságukra, mivel a távolabbiak esetében nem mindig ismerhető fel a csillag kettős volta. Gyakoriságukra pontosabb becslést kaphatunk, ha a Nap környékén található csillagok statisztikai eloszlását vizsgáljuk. Pl. a Naphoz legközelebbi ismert 40 csillag közül 5 parsec távolságon belül legalább 15 kettős vagy többszörös, de a legközelebbi 6 csillag közül már 5. Nyugodtan állíthatjuk hát, hogy a csillagok nagy része kettős vagy többszörös rendszer tagja. A közelebbi rendszerek kettős volta — vagy a távolibbak közül azoké, amelyek egymástól nagyobb távolságra levő fényesebb csillagokból állnak — már távesővön keresztül is gyakran felismerhető. Ezek az ún. *vizuális kettőscsillagok*,⁵ amelyek egy része, az *optikai kettősök* az égbolton csak közel látszanak egymáshoz, de valószínűleg csak egy irányban vannak, távol egymás mögött.

A ténylegesen egy rendszert alkotó vizuális kettősöket *fizikai kettősöknek* nevezzük.⁶ Ezek főleg pályamozgásuk alapján ismerhetők

⁴ Ha külön nem emeljük ki a továbbiakban a kettőscsillagok közé értjük a többszörös rendszereket is.

⁵ Az első teleszkopikus, vizuális kettőst, a Mizárt J. B. Riccioli fedezte fel 1650 körül Bolognában.

⁶ Elsőnek J. Mitchell 1767-ben vetette fel a gondolatot, hogy a vizuális kettősök egy része egy rendszert képez. Ekkor a fiatal W. Herschel ezt a feltevést elvetette, azzal a megokolással, hogy a két komponens közt általában jelentős a fényességkülönbség. Akkoriban t. i. úgy vélték, hogy a csillagok abszolút fényessége nagyjából egyforma. Érdekes, hogy később éppen Herschel volt az, aki a Castor és még néhány kettős komponenseinek a pályamozgása alapján, elsőnek bizonyította 1803-ban a fizikai kettősök létezését.

fel.⁷ Hozzájuk hasonlóan olyan kettősrendszereket is ismerünk, amelyeknek ugyan a távcsőben csak egy komponense látható, de ennek mozgásából következtetni lehet nem megfigyelhető kísérőre is. Ezek az *asztrometriai kettősök*.

Van azonban a kettőscsillagoknak két olyan csoportja, amelyek tagjai nagyobb távolságról is felismerhetők: ezek a *spektroszkopiai és fotometriai* vagy *fedési kettősök*. Az előbbiek kettősségét két színkép szuperponálódása vagy/ és a színképvonalak periodikus dopplereltolódása árulja el. Az utóbbiak pedig jellegzetes fényváltozásuk alapján ismerhetők fel, melynek oka, hogy pályamozgásuk folyamán a komponensek egymást elfedik. Ez utóbbi típusokkal fogunk cikkünkben részletesebben foglalkozni.

A kettőscsillagok fent ismertetett osztályozását főleg észleléstechnikai szempontok alakították ki. Így például egy bizonyos rendszer ugyanakkor több osztályba is tartozhat, attól függően mily módon észlelhető kettősvolta. Így minden fotometriai kettős ha észleléstechnikailag kellően megközelíthető, egyben spektroszkopiai kettős is. Az olyan rendszer is gyakori, amely egyben vizuális és spektroszkopiai. Sőt ismerünk olyan fotometriai és spektroszkopiai rendszereket, amelyek egyben asztrometriai kettősök is (pl. Prokyon, ϵ Aurigae).

A fedési kettősök felfedezése

Az égbolt legfényesebb fotometriai kettőscsillaga a Perseus csillagkép bétája, az Algol. Már az ókorban is ismert csillag volt, elnevezése arab eredetű: Al Ghüel, és szó szerinti jelentése „változó szellem”. Már elnevezése is kísért a feltételezésre, hogy az arabok is ismerték fényváltozását. Hiszen másodrendű csillag, több mint egy magnitúdó amplitúdóval, így fényváltozása szabad szemmel is könnyen észrevehető. Biztosat azonban erről nem tudunk. Ha az arabok ismerték is

⁷ Általában egy rendszerhez tartozónak tekintünk két csillagot, ha a kölcsönösen egymásra ható gravitációs erők lényegesen meghaladják a környező csillagok gravitációs hatását és a rendszer dinamikailag stabilis. Utóbbi követelmény teljesül egyrészt ha a két csillag egymáshoz viszonyított sebessége a parabolapályához tartozó sebesség alatt marad, azaz a komponensek pályája olyan ellipszis, amelynek apasztropontjában még a rendszer gravitációs hatása van túlsúlyban, másrészt ha megfelelően kicsiny a valószínűsége, hogy a rendszert egy másik csillaggal való találkozás instabilissá tegye. E megfontolások alapján, a Naprendszer környékéhez hasonló csillagmezőben, 0,01 parsec definiálható mint a legnagyobb távolság, amelyen belül két csillag még egy rendszernek tekinthető. A Nap környezetében átlagban minden 6 millió évben várható, hogy egy csillag a Napot 0,3 parsecra megközelítse.

fényváltozását, az erről tanúskodó feljegyzések valószínűleg az alexandriai könyvtár égésekor elpusztultak.

Az újkorban 1667-ben vonja magára az Algol a csillagászok figyelmét. *Montanari*, bolognai csillagász említi először, hogy fénye időnként lényegesen kisebb a szokottnál, amit később honfitársa *Maraldi* is igazol. A fényváltozás periodicitását azonban csak több mint egy évszázaddal később, *John Goodricke* fedezi fel, egy 18 éves süketnéma angol fiatalember. Az Algol első minimumát 1782. november 12-én észlelte és 1783 májusában, miután meggyőződött a két nap 21 órás periodicitásról, értesítette az angol Tudományos Akadémiát, a Royal Society-t felfedezéséről.⁸ Levelében mindjárt fel is veti a gondolatot, hogy a fényváltozás oka: egy másik nagyobb sötét csillag az Algol körül keringve, azt időnként elfedi. Ez a zseniális hipotézis azonban még túl korainak bizonyult, hiszen még csak ezután kezdte sejteni *William Herschel*, — aki Goodricke felfedezését annak idején az Akadémia megbízásából véleményezte —, hogy a vizuális kettőscsillagok egy része fizikailag is összetartozó pár.⁹ Goodricke felfedezése a csillagászok figyelmét a fotometriai kettősök felé terelte és így az Algolt mind sűrűbben követték az újabb fedési változók. Már mindjárt a második, a β *Lyrae* — amelyet szintén Goodricke fedezett fel¹⁰ — szintén egy fontos típust képvisel.

Eleinte csak alkalmyszerűen találtak egy-egy fedési változót, így számuk csak lassan növekedett. Az utóbbi évtizedekben azonban több obszervatórium programjába vette az égbolt bizonyos területeinek statisztikai vizsgálatát a változókat illetően, úgyhogy jelenleg már 4000-en felül van az ismert fedési rendszerek száma (VIII. táblázat).

A fényváltozás tényleges fizikai okát — amelyet annak idején már Goodricke is sejtett, — csak 1889-ben sikerült Vogelnak bizonyítania, amikor az Algolt, mint spektroszkopiai kettőst észlelve, kimutatta, hogy a komponensek radiális sebességéből levezetett együttállások egybeesnek a fényváltozás minimumaival. Ettől kezdve számosan próbálták a fénygörbe analízisének segítségével a fotometriai kettősök fizikai állandóit és pályaelemeit meghatározni, míg 1912-ben *H. N. Russel* és *H. Shapley* megalkotta az azóta klasszikussá vált számítási módszerét.

⁸ Egy évvel később Goodricke 2 nap 20 óra 49 perc 9 másodperc periódust ad meg, amely a mai napig is alig szorult javításra.

⁹ Lásd a 6. lábjegyzetet.

¹⁰ Az Algol, β *Lyrae* és δ *Cephei* fényváltozásainak a felfedezéséért a Royal Society 22 éves korában, 2 héttel túl korai halála előtt, John Goodrickét tagjának választotta.

VIII. táblázat

A fotometriai kettősesillagok felfedezéseinek statisztikája

Év	n	Felfedező, ill. katalógus
1667	1	Montanari (Algol)
1784	2	Goodricke (β Lyrae)
1821	3	Fritsch (ϵ Aurigae)
1848	4	Baxandell (λ Tauri)
1859	5	Schmidt (δ Librae)
1880	7	Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft
1890	12	
1900	22	
1910	92	
1920	157	
1940	1087	Schneller: Katalog Veränderlicher Sterne
1948	1913	Кукаркин и др.: Общий каталог переменных звезд
1958	2763	
1968	4062	

n az ismert fedési változók száma a megadott évben. Értéke az általános csillagmezőben elhelyezkedő fedési kettősök számát adja. Ezeket kivül azonban még a csillaghalmazokban és a közelebbi extragalaktikákban is ismerünk ilyen rendszereket.

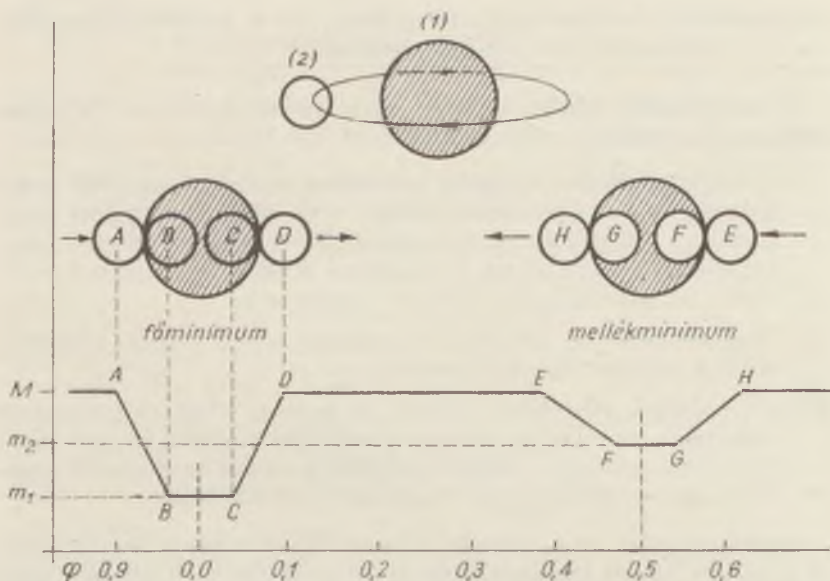
A fotometriai kettőscsillagok fénygörbéje és a rendszer elemeinek meghatározása

A megoldandó feladat a fedési kettőscsillagrendszerek számítása esetében a következő három alakban fordulhat elő:

- I. *A direkt probléma.* Ismerjük a rendszer állandóit, amelyek meghatározzák a komponensek alakját, egymáshoz viszonyított helyzetét és a felületük által kibocsátott fényességet; a feladat, meghatározni a fényváltozást, amelyet egy távoli észlelő — aki a rendszert csak egy csillagként látja — megfigyelhet.
- II. *Az inverz probléma.* Ismerjük a fénygörbe pontos alakját; a feladat, ebből a rendszer állandóit kiszámítani.
- III. *Az észlelések kiértékelése.* Ebben az esetben adott időpontokban ismerjük a rendszer egy távoli észlelő által bizonyos hibával megfigyelt fényességét; a feladat, megtalálni azokat az elemeket, amelyek ezen észlelések legjobb megközelítését előállítják.

Legkönnyebben az I., legnehezebben a III. probléma oldható meg. A gyakorlatban az utóbbi a legnagyobb jelentőségű és megoldásánál általában a következő eljárást követik: közelítő grafikus és numerikus becslésekkel tájékozódnak a pályaelemek értékeiről és ezután részletesebb számításokkal a rendszer állandóit oly pontossággal határozzák meg, amely az észlelési adatok hibáit tekintetbe véve még reálisnak látszik. A gyakorlatban itt igen szélsőséges esetek fordulhatnak elő. Némelykor csak néhány vizuális észlelés segítségével próbáljuk a rendszer jellegzetességeit közelítőleg meghatározni. Más esetben viszont igen nagy számú, több színben végzett fotoelektromos észlelések alapján vizsgálják a rendszert. Ebben az utóbbi esetben részletes és pontos számításokkal sok, viszonylag pontos adatot tudhatunk meg a rendszer állandóiról, és ezért van ilyen nagy szerepük a kettőscsillagoknak a modern csillagászat fejlődésében. Számításuk segítségével tudtuk először a csillagok pontosabb adatait úgy a fényesség, mint a tömeg és a méretek szempontjából meghatározni. Ha a fotometriai észleléseket a spektroszkópiai megfigyelésekkel is kombinálhatjuk, akkor a csillagok adatait abszolút értékben is megkapjuk. Főleg az első ilyen meghatározott adatok voltak azok, amelyek annak idején módot adtak Russolnek és Hertzsprungnak a később róluk elnevezett korszakalkotó jelentőségű HR diagram megszerkesztésére.

Az észlelt fénygörbe és a pályaelemek közti összefüggés könnyebb megértése végett nézzünk először egy leegyszerűsített rendszert. Legyen a két csillag két egyenletes fényességeloszlású korong, legyen a pályakör alakú és mutasson a pályasík éle az észlelő felé. Ekkor a 37. ábrán



37. ábra. Fedési kettőscsillag modellje és a fénygörbe jellegzetes pontjai. A vízszintes tengelyen az idő a periódus egységében, a függőleges tengelyen a fényesség magnitúdókban van felmérve. M a rendszer fogyatkozásán kívüli fényessége. m_1 , ill. m_2 a fő-, ill. mellékminimum fényessége. m_1-M , ill. m_2-M a minimumok amplitúdói

bemutatott esetben, amikor is egy nagy, R_1 sugarú és kis felületi fényességű (1) csillag körül körpályán egy nagy felületi fényességű kisebb R_2 sugarú (2) komponens kering, két minimumot észlelünk. Mint az ábrán is látható a főminimum esetében (2) centrális fogyatkozást szenved (1) által, míg a mellék minimumban mialatt (2) az (1) előtt áthalad gyűrűs fogyatkozás áll elő. A fogyatkozás jellegzetes pontjait az ábrán betűkkel jelöltük. Fent középen a rendszer perspektivikus ábrázolása látható.¹¹ Az időszámítás kiindulópontjául a főminimum közepét, egy-ségéül pedig a P periódust választjuk. A fénygörbe pontjaihoz pedig tartozzon egy φ fázis, P törtrészeiben kifejezve. A mi egyszerűsített esetünkben a csillagok átmérőjét könnyen meghatározhatjuk, hiszen mint az az ábrából is látszik

$$AD = 2(R_1 + R_2); \quad BC = 2(R_1 - R_2)$$

¹¹ Egyszerűség kedvéért a kettősrendszerek ábrázolásánál nem a két komponens tömegközéppont körüli pályáját, hanem csak az egyik komponens relatív pályáját szokták felrajzolni.

azaz

$$R_1 = (\overline{AD} + \overline{BC})/4; \quad R_2 = (\overline{AD} - \overline{BC})/4.$$

A fénygörbéből viszont leolvashatók az A, B, C, D pontokhoz tartozó idők. Ezekből adódik a fenti képletek alapján a komponensek sugara a pályaátmérőben kifejezve. A 37. ábrán bemutatott esetünkben könnyen kiszámíthatjuk a komponensek fényességét is, hiszen a fő-minimum konstans szakasza folyamán csak az (1) komponens, fogyatkozásán kívül mindkét komponens fényét látjuk.

A gyakorlatban természetesen csak kivételesen fordul elő, hogy az észlelő éppen a pályasík irányából tekint a rendszerre. Általánosabb esetben jelöljük i -vel a pályasík normálisa és az észlelési irány által bezárt szöget. (Fentebb tárgyalt esetünk tehát $i=90^\circ$ -nak felelt meg.) Továbbá adjuk meg a csillagok egymáshoz viszonyított pillanatnyi helyzetét a ϑ fázisszöggel, amelyet a főminimumban együttállástól együttállásig számítunk 0° -tól 360° -ig. Ekkor körpálya esetén $\vartheta=0^\circ$ a főminimum középpontjának azaz $\varphi=0,0$ -nak, $\vartheta=180^\circ$ a mellék-minimum közepének azaz $\varphi=0,5$ -nek fog megfelelni. Tehát ha t_0 a fő-minimumbeli együttállás időpontja, P a fényváltozás periódusa, egy bizonyos időpontban $\vartheta = (360^\circ/P)(t-t_0)$. Egy tetszőleges t időpontban, ill. az ennek megfelelő ϑ fázisszög esetén a két csillag középpontjának egymástól való látszó távolságát δ -t a következő képlet adja:

$$\delta^2 = \cos^2 i + \sin^2 i \sin^2 \vartheta.$$

Ez a fedési kettőscsillagok pályaszámításának alapképlete. Ebből kiindulva lehet különböző módszereket a pályaelemek meghatározására kidolgozni. A *Russel-Shapley* klasszikussá vált módszert követve, bevezetjük a $p = (\delta - R_1)/R_2$ jelölést. Ennek értéke egy a fogyatkozás mélységére jellemző paraméter és együttálláskor lesz a legkisebb. Jelöljük ezt p_0 -val. Ekkor a fogyatkozás jellege és p_0 közt a következő az összefüggés: ha $p_0 > 1$ nincs fogyatkozás, ha $1 > p_0 > -1$ a fogyatkozás részleges, ha $p_0 < -1$ a fogyatkozás teljes. Jelöljük továbbá R_2/R_1 -et k -val, ahol $k \leq 1$, hiszen a definíció szerint $R_1 \geq R_2$.¹²

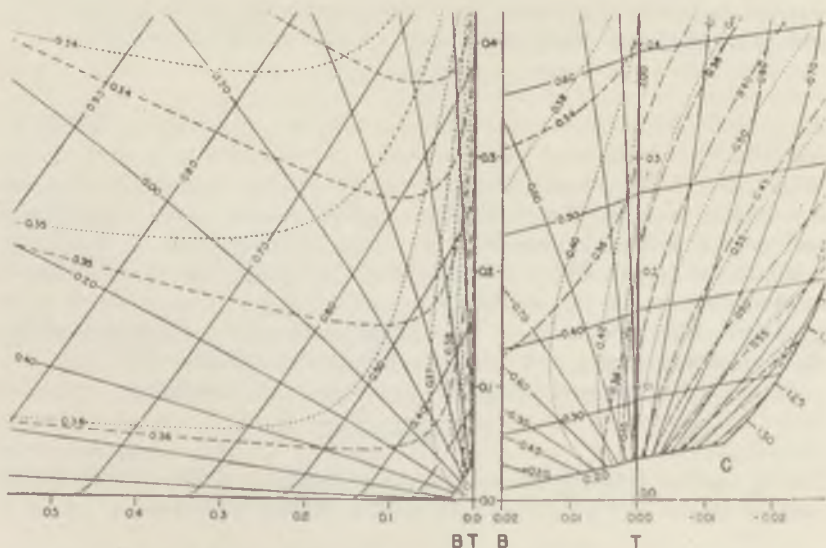
Ekkor a két korongközéppont egymástól való távolgása

$$\delta = R_1(1 - kp).$$

Az ily módon definiált k konstans és p függvény tehát egyértelműen meghatározza egy adott fázis geometriai konfigurációját.

¹² A fénygörbe egyelőre csak azt árulja el: a mélyebb minimum alkalmával a nagyobb felületi fényességgel rendelkező komponens szenved fogyatkozást. Hogy ez a nagyobb vagy kisebb átmérőjű csillag, azt további vizsgálat kell eldöntse. Legtöbb esetben azonban a nagyobb átmérőjű komponens a kisebb felületi fényességű.

		k in hundredths p in hundredths								$\alpha^{oc}(k, p)$			
$p \backslash k$		70	65	60	55	50	45	40	35				
100		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99		4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0
98		10	0	10	0	10	0	10	0	10	1	11	0
97		18	0	18	0	18	1	19	0	19	1	20	0
96		28	0	28	1	29	1	30	0	30	1	31	0
95		40	0	40	1	41	1	42	0	43	1	44	0
94		53	1	54	1	55	1	56	1	57	1	58	1
93		67	2	69	1	70	1	71	1	72	1	74	1
92		83	2	85	1	86	2	88	1	89	1	91	2
91		100	1	101	2	103	2	105	1	106	2	110	2
90		118	1	119	2	121	2	123	2	125	2	129	2
88		156	2	158	3	161	2	163	3	166	3	171	3
86		199	3	202	3	205	3	208	4	212	3	218	4
84		245	4	249	4	253	4	257	4	261	4	270	4
82		295	5	300	4	304	5	309	5	314	5	325	5
80		348	6	354	5	359	6	365	6	371	6	383	7
78		405	6	411	6	417	7	424	7	431	7	445	8
76		465	6	471	7	478	8	486	8	494	8	510	9



38. ábra. Egy-egy részlet a kettősrendszerek pályaszámításához szolgáló nomogramokból és táblázatokból. A táblázatrészlet a rendszer fényességvesztésének a kiszámítására szolgáló $\alpha(k, p)$ függvény értékeit adja, fogyasztás esetén, $x = 0,4$ szélcsötötédes együttható mellett

A csillag fotometriai viszonyait általános esetben lényegesen bonyolultabb leírni. Először is tételezzük fel: a két komponens gömb alakú és a kölesönös megvilágítás által keletkezett effektus elhanyagolható. Ekkor a rendszer fényessége a fogyatkozási szakaszokat kivéve konstans. Válasszuk ezt egységként, azaz ha a két komponens fényintenzitása L_1 ill. L_2 ; $L_1 + L_2 = 1$. A geometriai viszonyokból kiszámítható a fedési szakaszok adott időpontjaiban, mely komponens és ennek hányadrésze szenved elfedést. E célra függvények definiálhatók, amelyek segítségével a rendszer fényváltozása a fogyatkozások alatt meghatározható. E függvények azonban komplikált kifejezések, különösen ha azt is figyelembe vesszük, hogy a csillagkorongok felületi fényessége nem egyenletes. Ezek kiszámítása minden alkalommal igen hosszadalmas lenne, ezért táblázatok és nomogrammok formájában állnak a pályaszámítást végző csillagászok rendelkezésére.

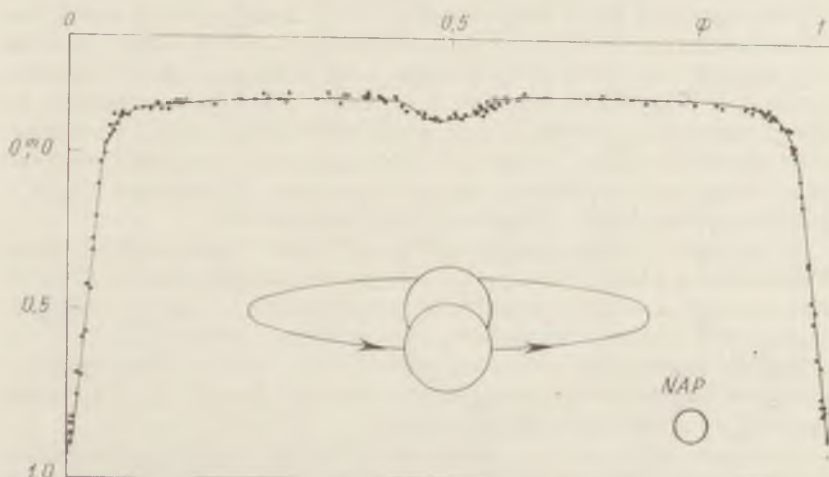
A fentieket röviden összefoglalva egy fedési kettősrendszer fénygörbéjének a kiszámításához hat adatra van szükségünk: a P periódusra, az együttállás t_0 időpontjára, a pályahajlás i szögére, a nagyobb komponens L_1 fényintenzitására és R_1 sugarára, továbbá k -ra a komponensek sugarainak a hányadosára ($k \leq 1$). Intenzitás egységként a rendszer fogyatkozáson kívüli összfényességét ($L_1 + L_2 = 1$) és hosszegységként a pályaelemet definiáljuk.

Az inverz probléma és az észlelések kiértékelése is a fentiekben ismertetett összefüggéseken alapszik, csak a feladat a fordított, a fénygörbéből, ill. az észlelésekből kell a pályaelemeket kiszámítani. Legelső feladat a felrajzolt észlelésekből a főminimumok t_0 középpontjait és a P periódust meghatározni. Ezután ezek segítségével megszerkeszthetjük a fénygörbét. Az így kapott fénygörbe alakjából és adataiból számíthatók ki a rendszer állandói. Ehhez a direkt problémánál ismertetett függvényekből levezetett inverz függvények használhatók fel. Ezek szintén táblázatos alakban állnak a csillagászok rendelkezésére a fényváltozás különböző jellegzetességeinek megfelelően kiszámítva.

E klasszikus pályaszámítási módszer igen nagy jelentőségű és alkalmazását, részletes, nagy pontossággal kidolgozott táblázatok és nomogrammok segítik (38. ábra). A nagy pontosságú fotoelektromos észlelések vagy különleges effektusokat mutató rendszerek esetében azonban ezek sem mindig elegendők. Ezért ily esetekben a rendszer elemeit külön egyénileg szerkesztett programok alapján elektronikus számítógépek segítségével határozzák meg.

Miután az alapfogalmakkal megismerkedtünk, mutassuk be a fedési változók főbb típusait néhány észlelt rendszer segítségével. A 39. ábrán az Algol fénygörbéjét látjuk. A fogyatkozás itt csak részleges, ezért a minimumok hegyesek, azaz hiányzik a totalitásra jellemző konstans rész (BC ill. FG a 37. ábrán). Továbbá még feltűnő, hogy a rendszer

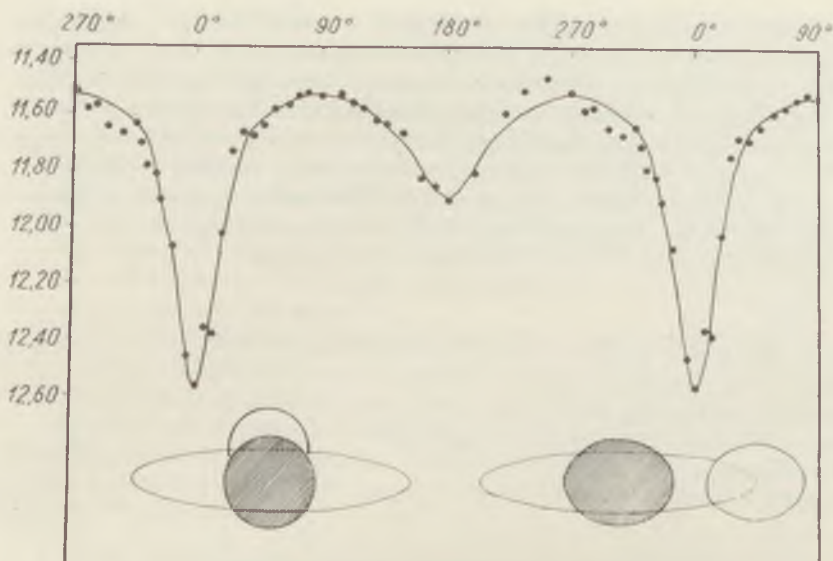
fénye a fogyatkozáson kívül sem állandó, lassan növekszik a mellékminimumok felé haladva. Oka, hogy a nagyobb fényerejű komponens megvilágítja sötétebb kísérőjét és fénye innen reflektálódik. A kis amplitúdójú mellékminimum arra utal, hogy az egyik csillag felületi fényessége lényegesen kisebb. A rendszer képe a mellékminimumban



39. ábra. Az Algol fénygörbéje Danjon vizuális észlelései alapján. Az észlelések a Danjon által készített macskaszem fotométerrel készültek és szép példái az egyszerű műszerrel elérhető nagy pontosságnak. A további példákat is úgy választottuk, hogy egyben egy-egy észlelési módot is bemutassunk. A fényesség egy összehasonlítópontról látható magnitúdókban felmérve

a fénygörbe alatt középen látható. Mivel az Algol esetében a radiális-sebesség is mérhető, a komponensek abszolút méreteit is meg tudjuk határozni. Ezért az ábrán összehasonlításként a Nap mérete is látható.

Második példaként nézzünk egy β Lyrae típusú rendszert, ahol a két komponens egymáshoz közelebb kering. A 40. ábrán a CD Vul fénygörbéjét (periódusa 0,7 nap) és a komponensek meg a pálya relatív méreteit láthatjuk. Ha a két komponenst elválasztó távolság kisebb lesz 4–5 csillagátmérőnél, a komponensek már nem gömb alakúak, hanem a centrifugális erő és kölcsönös tömegvonzás hatására az őket összekötő egyenes irányában megnyúlnak. Az így keletkezett árapály-erők következményeként a csillagok felületén a lokális gravitáció értéke és ezzel együtt a felületi fényesség is változó lesz. Így a pályamozgás folyamán, mivel fokozatosan más-más irányból látszik a két csillag, a komponensek látható felülete és ezzel együtt a hozzánk jutó fény is



40. ábra. A CD Vul fénygörbéje és a rendszer modellje Guman észlelései szerint. A berajzolt pontok 456 fotografikus obszervációból levezetett normálértékek. A fényességszála fotografikus magnitúdókban van megadva. A fénygörbe felett a θ fázisszög látható bejelölve

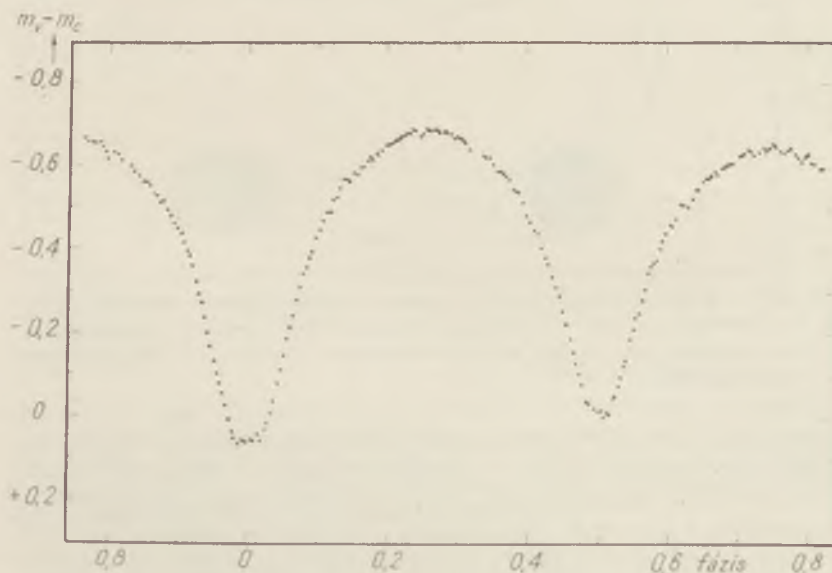
folytonosan változik.¹³ Ilyen esetben feltételezhetjük, hogy a két komponens forgásellipszoid alakú¹⁴ és ekkor először, a fénygörbe fedésen kívüli részéből, a komponensek ellipticitását kell meghatározni. Ennek ismeretében a görbe már rektifikálható, azaz úgy rajzolható fel, mintha a komponensek gömb alakúak volnának. Ebből a rektifikált görbéből – ahol a fény már konstans a fogyatkozásokon kívül, már amennyiben

¹³ Ismerünk néhány olyan fotometriai változót is, amelyek pályahajlása hozzánk viszonyítva olyan, hogy tőlünk már nem is látható fogyatkozás. Ezek az *ellipszis alakú* változók. Ezeknél a legtöbbször elég kis méretű fényváltozás úgy keletkezik, hogy az árapályerő által deformált komponensek pályamozgása folytán – a β Lyrae típusúakhoz hasonlóan – változó nagyságú felületet mutatnak felénk. Szigorúan véve nem fedési kettősök, de mivel a csillag kettős volta fotometriai úton határozható meg, a csoportba szokták őket sorolni. Ilyen típusú csillag pl. a Spica, amely közel 4 napos periódussal 0,07 magnitúdós változást mutat és b Per 0,06 magnitúdó fényváltozással és másfél napos periódussal. Nyilván e típusú csillagok is gyakoriak, de fényváltozásukat és ennek jellegét igen nehéz felismerni. Ezért ismerünk csak olyan keveset belőlük.

¹⁴ Mint később a Roche modell tárgyalásánál látni fogjuk, ez csak durva közelítésnek tekinthető.

ezt az észlelések pontossága megengedi — lehet ezután a rendszer állandóit kiszámítani. A CD Vul esetében amint az az ábrán is látható, két forgásellipszoid alakú komponens részleges fogyatkozása adódik. Az észlelési adatokból számított normálpontok közt, a rendszer elemeiből számított fénygörbe látható berajzolva. Ebből ítélhető meg, hogy milyen pontossággal közelíti meg a számítás az észlelt fényességeket.

A β Lyr típus fontos változatai a W UMa csillagok. Ezek esetében a két komponens közel azonos méretű és fényerejű, így a fő- és mellékminimumok alig különböztethetőek meg egymástól.



41. ábra. A W UMa fénygörbéje Kwee fotoelektromos észlelései szerint. A felrajzolt pontok egyetlen éjszaka (1954. jan. 23) egyes észlelései! A vízszintes tengelyen a ϕ fázis, a függőleges tengelyen az összehasonlító csillagtól mért fényességkülönbség látható felmérve

A 41. ábrán látható e csoport névadója, a W UMa fénygörbéje. Itt legtöbbször még az előbbieknél szorosabb rendszerről van szó, ezért itt is a komponensek ellipticitása deformálja a fénygörbét. [9]

A fentiekén kívül még a következő jellegzetességek fordulnak elő a fedési változók fénygörbéin. A teljes fogyatkozás alatt sem konstans a rendszer fénye. Ezt az előbb említett ellipticitástól eltekintve még a csillag szélsőtétedése is okozhatja. Általában a csillagok (többek között a Nap) látszó korongja nem egyenletesen fényes. A csillag felépítése,

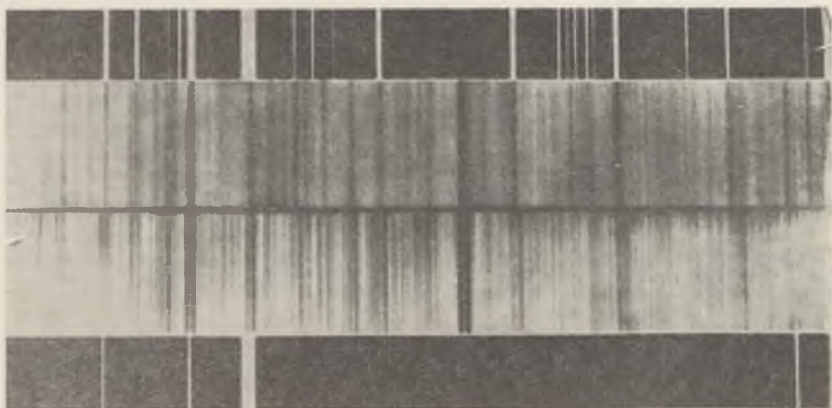
de főleg a légkör szerkezete okozza, hogy a korong peremén a fényesség kisebb, mint a közepén. Emiatt a gyűrűs fogyatkozás alatt az elfedett területek fényessége nem azonos. A kettőscsillagok pályaszámításához készített táblázatok esetében ez figyelembe veendő. Ezért a táblázatokban különböző szélelsőtételés értékekre külön-külön találhatók kiszámítva a pályameghatározáshoz szükséges függvényértékek.

Előfordul, hogy a mellékminimum nem helyezkedik szimmetrikusan el a főminimumok közt (fázisa kisebb, vagy nagyobb, mint 0,5), ami a pálya jelentős excentricitására utal. Ha a mellékminimum helyének lassú változásai is észlelhetők, akkor ebből a pálya nagytengelyének mozgása is meghatározható.

Ezek a kettőscsillagok fénygörbéinek gyakrabban előforduló jellegzetességei. Ezenkívül azonban szinte minden részletesebben vizsgált rendszerben találhatunk olyan egyéni vonásokat is, amelyek értékes információkat nyújtanak a csillagok fizikájához. A továbbiakban még néhány érdekes és jellegzetes rendszert fogunk röviden megismerni. De előbb még szóljunk néhány szót a kettősrendszerek spektroszkópai jellegzetességeiről is.

A spektroszkópai kettősök

Mint már említettük elvileg minden fotometriai kettős egyben spektroszkópai kettős is. Ha tehát a csillag színeképe kellő pontossággal észlelhető, a színeképvonalak mutatják a pályamozgás folyamán keletkezett dopplereeltolódást is. Ebből viszont meghatározható a komponensek radiálissebessége és ennek periodikus változása. A spektroszkópai kettősök esetében az észlelési pontosságtól függően több eset fordulhat elő. Észlelhetjük mind a két komponensnek a színeképét és a színeképvonalak eltolódását. Ha egyik komponens fényesebb mint a másik, sokszor csak az egyik színeképet látjuk és ekkor a vonaleltolódást csak abszolút értékben, azaz egy nyugalomban levő színekép vonalaihoz hasonlítva észlelhetjük. Ez a radiális sebesség abszolút értékének a meghatározása. Előfordulhat azonban kettős színeképű rendszereknél, hogy a színeképvonalak egymáshoz viszonyított eltolódását is mérhetjük. Ekkor a rendszer relatív radiálissebességét is meghatározhatjuk. Ha olyan csillagot észlelünk, ahol a színeképvonalak bizonyos periódussal egymással ellentétes irányban oszcillálnak, akkor a csillagot kettősszíneképű spektroszkópai kettősnek nevezzük. Ha csak egy színekép látszik, amelynek vonalaiból periodikus abszolút radiálissebesség-változást tudunk levezetni, akkor a csillagot egyszíneképű spektroszkópai kettősnek nevezzük. Vannak azonban olyan magános csillagok is, amelyek színeképe radiálissebesség-változást mutat, de ezeket a radiális-



42. ábra. A Mizar spektroszkópiai kettős színeképe együttálláskor (fent) és legnagyobb elongáció esetén (lent). Utóbbin jól megfigyelhető a színeképronak kettéválása

sebesség-görbéjük (és ha észlelhető, fénygörbéjük) alapján az előbbiektől különválaszthatjuk.¹⁵

Az első kettősszíneképű spektroszkópiai kettőst *Pickering* fedezte fel 1889-ben. A Mizar vizuális kettőscsillag színeképében vette észre, hogy a radiálissebesség 20 napos periódusú változást mutat (42. ábra). Érdekes, hogy ugyanez a rendszer volt az elsőnek felfedezett teleszkopikus kettős is. A Mizar valójában egy hármassrendszer, egy fizikai kettős, Mizar A és Mizar B, ahol az A komponens egyben spektroszkópiai kettős is.

A jelenleg ismert változó radiálissebességet mutató csillagok száma másfélezer körül van. Közülük több, mint félezernek sikerül a spektroszkópiai pályaelemeit is meghatározni. A radiálissebesség-görbéből tudniillik a rendszernek csak a spektroszkópiai pályaelemei határozhatók meg. Ezek közül a legfontosabb a következő két összefüggés

$$a_1 \sin i = 0,01375 K_1 P \sqrt{1-e^2}$$

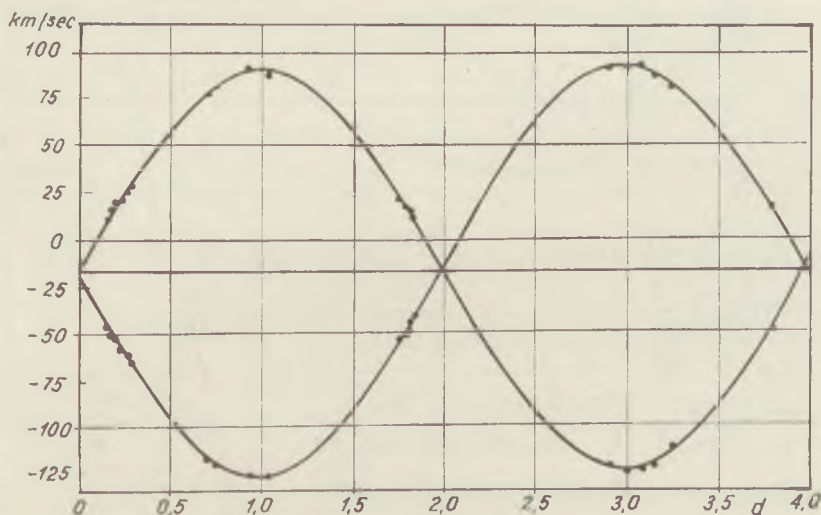
$$a_2 \sin i = 0,01375 K_2 P \sqrt{1-e^2}$$

ahol a_1, a_2 a két komponens valóságos pályájának a nagytengelyei millió kilométerben, K_1, K_2 a radiálissebesség-görbe amplitúdója km/mp-ben,

¹⁵ Még a spektroszkópiai kettősök közé számítanak azok a kombinált színképű csillagok is, amelyek radiálissebessége nem észlelhető, ebben a csoportban azonban néha nehéz a tényleges kettősöket a különleges spektráltípusú csillagoktól elválasztani.

P a periódus napokban és e a pálya excentricitása. Ebből a harmadik Kepler törvény segítségével a tömegekre az $M_1 \sin^3 i$ és $M_2 \sin^3 i$ összefüggés értékei is levezethetők. Ezek, ha a pályahajlást nem ismerjük a komponensek tömegére, csak egy alsó becslést adnak. Ha a spektroszkópai kettős egyben fedési kettős is, akkor a fénygöréből az i értéke és a komponensek pályához viszonyított nagysága is meghatározható. Ezt a spektroszkópai pályaelemekkel összevetve, meghatározhatjuk a rendszer állandóinak abszolút értékeit is. Amit a csillagok tömegéről eddig ismerünk, azt legnagyobbbrészt ily módon tudtuk meg. Ez tette lehetővé Eddingtonnak is, 1924-ben, az alapvető jelentőségű tömeg-fényesség-reláció megszerkesztését.

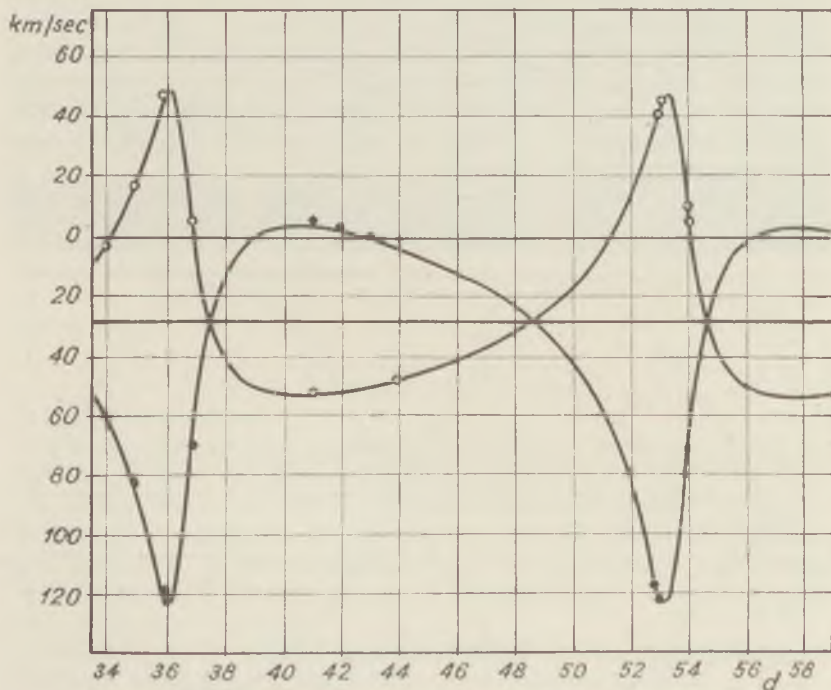
Ismerkedjünk meg a spektroszkópai kettősök főbb jellegzetességei-



43. ábra. A β Aur radiálissebesség-görbéi. [2]

vel is néhány észlelt radiálissebesség-görbe segítségével. Elsőnek nézzük a β Aurigae görbéit (43. ábra). Ordinátaként a mért radiálissebesség, abszcisszaként pedig az idő látható felrajzolva. Csillagunk periódusa 4 nap és mindkét komponens radiálissebesség-görbéje mérhető. A vízszintesen berajzolt úgynevezett γ vonal, amely a görbét oly módon osztja két részre, hogy a felette és alatta elhelyezkedő terület egyenlő, a rendszer tömegközéppontjának a radiálissebességét adja. Ha mindkét komponens színeke észlelhető, akkor a radiálissebesség-görbék metszéspontjai a vonalra esnek. Pozitív radiálissebesség esetén a komponens tőlünk távolodik, negatív esetén közeledik. Nulla radiálissebes-

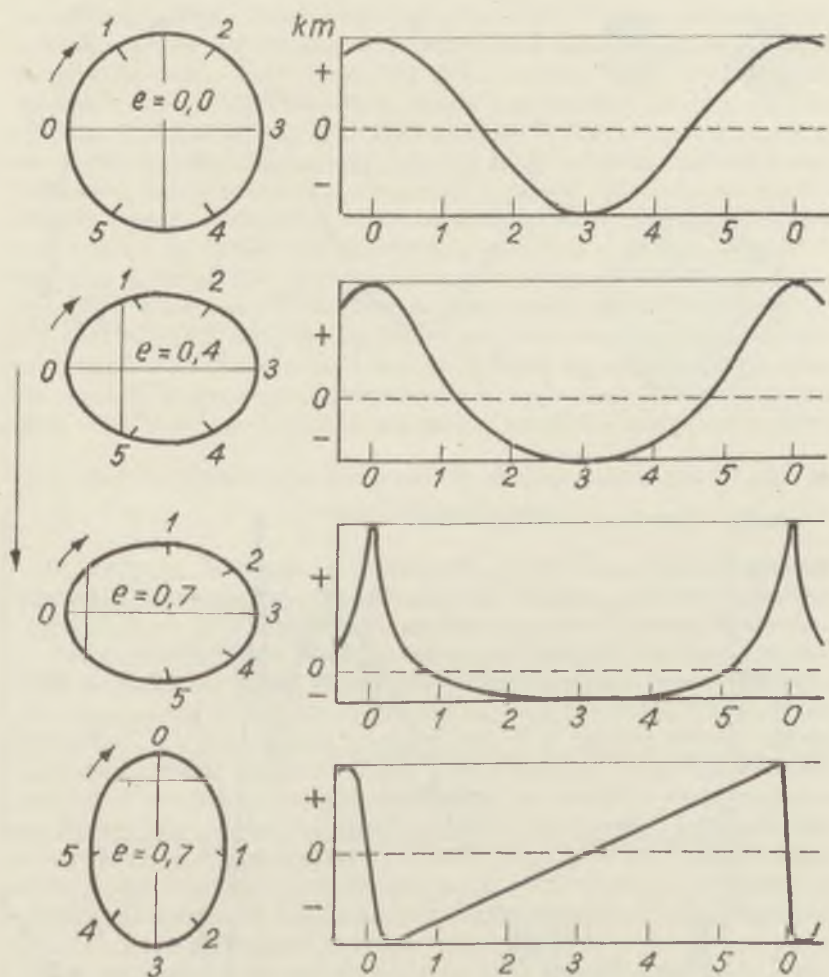
ség esetén (itt természetesen nem az abszolút nulla érték értendő, hanem a rendszer tömegközéppontjához viszonyított nulla érték, azaz a radiálissebesség-görbe metszéspontja a γ vonallal) a két komponens alsó és felső együttállásban van, azaz fotometriai kettősök esetén ekkor



44. ábra. A δ Aql radiálissebesség-görbéi. [2]

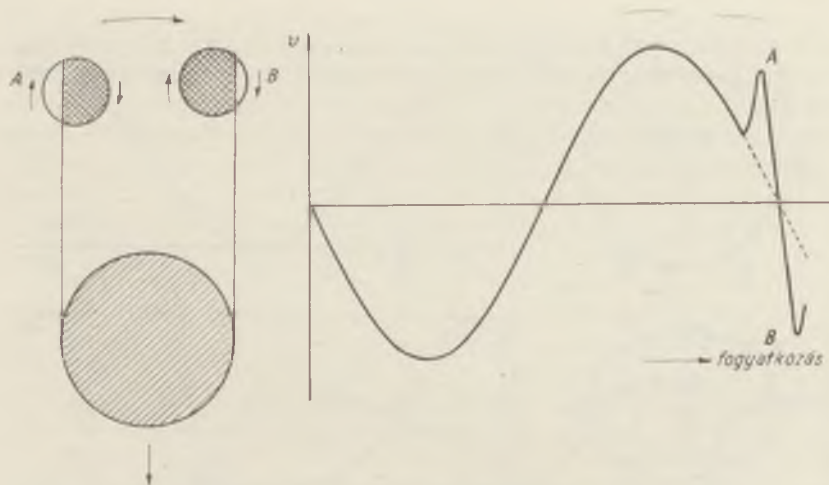
látható a fő, ill. mellékminimum. Ábránkon a két görbe közel szinuszos alakú, amiből következik, hogy a pálya közel kör alakú.

A 44. ábránkon a δ Aql radiálissebesség-görbéjét látjuk. A rendszer periódusa 17,1 nap. A görbe jellegzetes alakja pedig a pálya nagy excentricitására ($e = 0,60$) utal. A 45. ábra a különböző elhelyezkedésű ellipszispályák radiálissebesség-görbéit szemlélteti. Ha a csillag egyben fotometriai kettős is, igen érdekes effektusok jelentkezhetnek a színképben. Nézzük a 46. ábrán egy Algol típusú rendszer fogyatkozását abban az esetben, ha a kisebb és fényesebb komponensnek nagy sebességű tengelyforgása is van. Legyen a fogyatkozás teljes. Ekkor az alsó együttállásban, ha a komponens tengelyforgásának iránya azonos a keringés irányával, amint a sötét komponens kísérőjét eltakarja, először csak

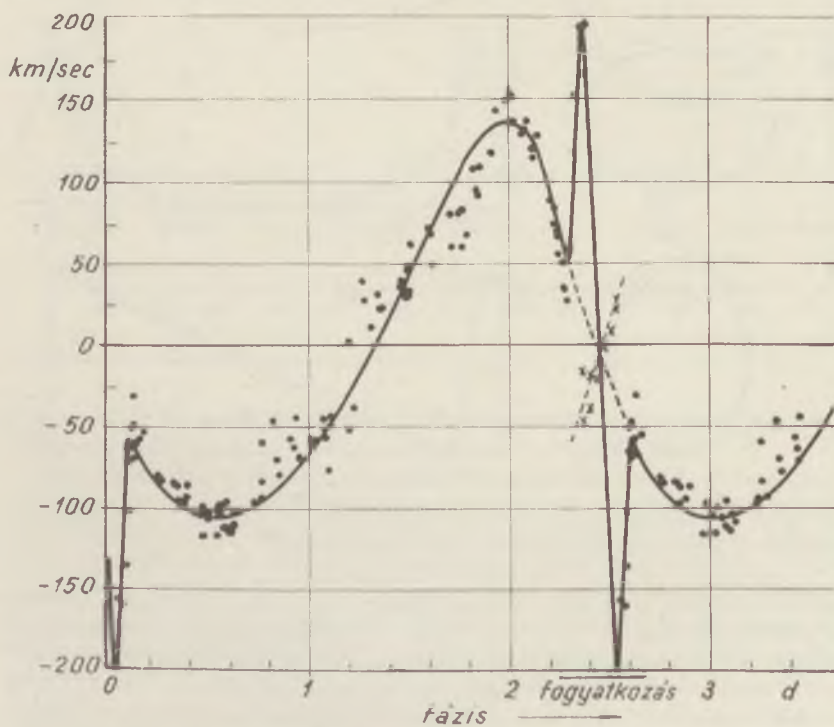


45. ábra. Különböző excentricitású és helyzetű ellipszispályák radiálissebesség-görbéi. (A bal oldali nyíl az észlelő irányába mutat.)

azt a részt fedí el, amely hozzánk közeledik. A másik távolodó pereme a kísérőnek látható marad. Ennek következtében a színpálya, amely fogyatkozás előtt a tengelyforgás miatt egyenletesen kiszélesedett, aszimmetrikus lesz. A pozitív értékek túlsúlyba kerülnek, és az észlelt radiálissebesség a pálya szerinti radiálissebesség-görbe (szaggatott vonal) fölé kerül, amint ez az ábránkon az A-val jelölt helyen lát-



46. ábra. A radiális sebesség-görbe rotációs torzulása a fogyatkozás alatt



47. ábra. Az U Cep radiális sebesség-görbéje. [2]

ható. Amikor a fényesebb komponens a fogyatkozásból kilép, ugyanez az effektus áll elő, de ellentétes irányban (B). A radiálissebesség rendelkezéséből így értékes adatokat tudhatunk meg a komponensek tengelyforgásáról. A 47. ábrán egy ilyen rendszer az U Cep észlelt radiálissebesség-görbéjét láthatjuk. Ennél a csillagnál igen erős rotációs effektus mutatkozik. Az U Cephei rendszer érdekessége még, hogy ez egy szoros kettőscsillag, amely típusnál rotációeffektus általában nem fordul elő, mivel a komponensek közti erős gravitációs hatás miatt a tengelyforgás a keringéssel kötött szokott lenni. E rendszer periódusa 2,5 nap és az észlelt radiálissebesség-görbéből a kisebb, fényesebb, nagyobb hőmérsékletű és tömegű komponens egyenlítői rotációs sebessége 200 km/mp-nek adódik. Mint az ábránknak láthatjuk, rendszerünknek csak az egyik színeke figyelhető meg, azaz csak az egyik komponens radiális sebessége rajzolható fel. A teljes fogyatkozás alatt azonban a másik komponens színképvonalai is mérhetővé válnak. Ábránkon ezen vonalakból adódó radiálissebességek kereszttel láthatók bejelölve.

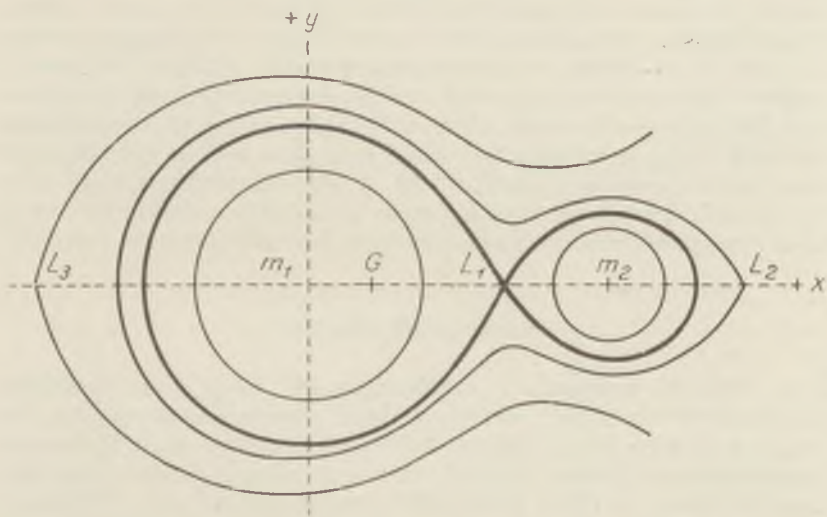
Szoros kettőscsillagok

Az eddigiek folyamán a kettőscsillagokat főleg észleléstechnikai szempontból vizsgáltuk és fénygörbéik alapján osztályoztuk őket (Algol, β Lyrae és W UMa típus). Az 1940-es évektől kezdve [3] azonban az asztrofizika fejlődése lehetővé tette ezen csillagok elméleti úton való megközelítését is. Ilyen szempontból természetesen már a rendszer tényleges méretei a lényegesek, az hogy mi mely irányból látjuk elvben közömbös. A gyakorlatban persze továbbá is nagyon fontos, hiszen szerencsés rálátás esetén sokkal többet tudunk meg felépítéséről. Geocentrikus nézőpontunktól elszakadva, a kettősök osztályozására egy új fogalmat kellett bevezetni: a szoros kettőscsillag fogalmát. Így nevezzük azt a rendszert, amelyben a két komponens tömege és egymástól való távolsága oly értékű, hogy a kölcsönös egymáshatás következményeként a komponensek fizikai felépítése és fejlődése különbözik a hasonló típusú magányos csillagétól.¹⁶

E típus elméletének előzményei még a múlt századba nyúlnak vissza, amikor is *E. A. Roche*, 1849-ben, és utána a francia égitestmechanikai iskola nagyjai [4] az égitestek alakját és a háromtest probléma megoldásait vizsgálták. A Roche-féle csillagmodell szerint egy égitest úgy tekinthető, mintha tömege egy pontban — a tömegközéppontban — helyezkedne el és a gravitációs potenciálfelületek e pont körül írt kon-

¹⁶ Az elnevezés első pillanatban kissé félrevezető, mert igen nagy méretű rendszer is alkothat szoros kettőst (l. alább az ϵ Aur esetét).

centrikus gömbhéjak. Nézzük hogy alakul e modell két közeli csillag esetén? Ekkor a potenciálfelületek a kölcsönös tömegvonzás és a pályamozgás által ébresztett centrifugális erő hatására deformálódnak, de amíg a tömegközéppontok közelében maradunk a felületek zártak lesznek (48. ábra). A tömegközépponttól távolodva, a potenciál egy bizonyos értékénél a két felület egy pontban összeér. Ez az ún. — az égi

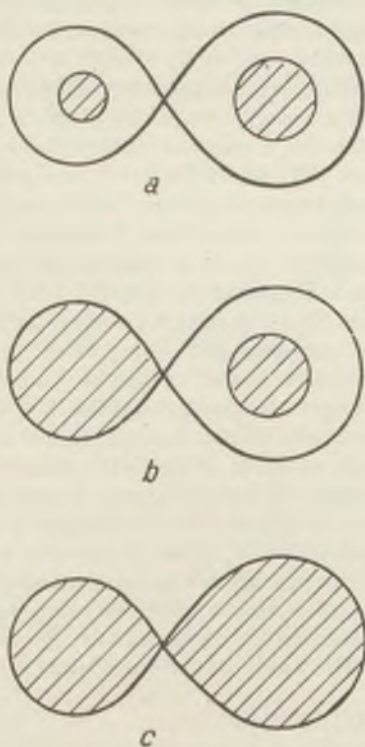


48. ábra. A Roche modell ekvipotenciális görbéi a pályasíkban $m_1:m_2 = 1:8$ tömegarány esetén. G a tömegközéppontot jelöli

mechanikából rég ismert — L_1 -el jelölt első Lagrange-féle szinguláris pont. A kisebb potenciálértékek felé tovább haladva, az L_2 , második Lagrange-féle szinguláris ponthoz jutunk. Az ezen átmenő ekvipotenciális felület már nem zárodik a két csillag körül. Vizsgáljuk meg közelebbről, hogy helyezkedhet el a két égitest e modell szerint.

Ha a csillagok tömege kicsiny vagy ha nagyobb tömegű csillagok egymástól távolabb keringenek, alakjuk közel gömb alakú marad, azaz két külön zárt ekvipotenciális felületen belül helyezkednek el. Szorosabb kettőscsillagok esetében az egyik csillag tömege elérhet ahhoz a határhoz, hogy az első L_1 Lagrange-féle pontig terjedő térrészt töltsse ki. Ekkor az L_1 pont által meghatározott felületen kívül jutó anyag még a rendszerhez tartozik, de már nem tartozik külön az egyik vagy másik komponenshez. Az L_2 , második Lagrange-féle ponthoz tartozó felületen kívül eső anyagot már nem tekintjük a rendszerhez tartozónak.

A szoros kettőscillagok esetében a Roche-féle modellt illetően három fontos esetet különböztetünk meg. Nézzük először az L_1 ponton átmenő felületet. Ez két térrészt határoz meg, amely mindegyikében egy-egy csillag helyezkedik el (49. ábra). Ha egyik csillag anyaga sem tölti ki a rendelkezésére álló térrészt (a.), szétválasztott rendszerről beszélünk. Ilyenek az egymástól távol keringő, hosszabb periódusú fotometriai kettősök is. Ha egyik csillag a hozzátartozó térrészt teljesen kitölti, félig-szétválasztott rendszerről beszélünk (b.). Ilyenek pl. az Algol típusú kettősök, ahol a nagyobb átmérőjű kisebb fényű és tömegű szubóriás anyaga az L_1 pontig hatol. Ha mindkét csillag kitölti a hozzátartozó térrészt, kontaktrendszerrel beszélünk (c.). Ilyenek pl. az 1 napnál rövidebb periódusú W UMa típusú csillagok.



49. ábra. A kettőscsillagok Roche modell szerinti típusai

Az előbbiekből következik, hogy kettőscsillagok ily módon három típusba oszthatók, már nem nyújtanak olyan egyszerű problémát, mint azt cikkünk első részében feltételeztük. Ezek újabb, némelykor igen komplikált és érdekes asztrofizikai jelenségek kutatására adnak alkalmat. A színképvonalak szabálytalan viselkedése, a kis amplitúdójú szabálytalan fényváltozások, a deformált komponensek által okozott szabálytalan fénygörbék, mind arra utalnak: a rendszerben különböző gázgyűrűk, gázburkok és a komponensek légköréből anyagkiáramlások fordulnak elő. A tengelyforgás és pályamozgás folyamán, továbbá az intersztelláris anyaggal való kölcsönhatás eredményeként a komponensek kiterjedt légkörei teljesen szabálytalanul viselkedést mutathatnak. Ezek a hatások viszont befolyással lehetnek a tengelyforgásra és pályamozgásra, úgyhogy a rendszer pályaelemei is változásnak lehetnek kitéve. Sok esetben ezeket egy harmadik, sőt esetleg még egy negyedik komponens befolyása is komplikálja (pl. Algol). Az egész rendszerhez tartozó külső légkörben némely esetben újabb színképvonalak

keletkeznek, amelyek a komponensek sűrűbb légköréhez tartozó színképvonalakat oly mértékben elnyomják, hogy a rendszer morfológiai szerkezete nehezen vizsgálható. Az ilyen rendszereket álcázott színképű kettősöknek nevezzük. Nézzünk közelebből néhány érdekes esetet.

Mindjárt elsőnek egy különleges rendszert mutatunk be, amely az eddig vizsgált fedési kettősök közt a leghosszabb periódusú¹⁷ és mégis köze van a szoros kettőscsillagokhoz. Ez az ϵ Aurigae. Fényváltozását már 1821-ben felfedezték és ámbár fizikai felépítését e század elejétől részletesen vizsgálták, színeképének jellegzetességei még ma sem magyarázhatók kielégítően. Periódusa 27,1 év, a főminimum két évig tart, amelyből egy év a totalitás idejére esik. A mellékminimum nem észlelhető. E században 1901/2, 1929 és az 1956-os években volt minimumban. *Struve* szerint [5] a rendszer hatalmas expandáló ködburokba van ágyazva és a két csillag kitölti a rendelkezésre álló Roche modell szerinti térrészeket. A kisebb komponens átmérője legalább 300-szorosa, a nagyobb pedig legalább 3000-szerese a napátmérőnek. A kontakt-rendszert képző komponensek sűrűsége igen kicsiny, oly mértékben, hogy az egész fedés alatt a kisebb komponens fényének egy része átjut a nagyobb komponensen. A nagyobb komponens színeképe egyáltalában nem is látszik és a fedés alatt is csak az elfedett komponens színeképe észlelhető. *M. Hack* [6] szerint a nagyobb komponens P Cygnihez hasonló: egy *B* csillag, amelyet egy óriás gázhéj vesz körül.

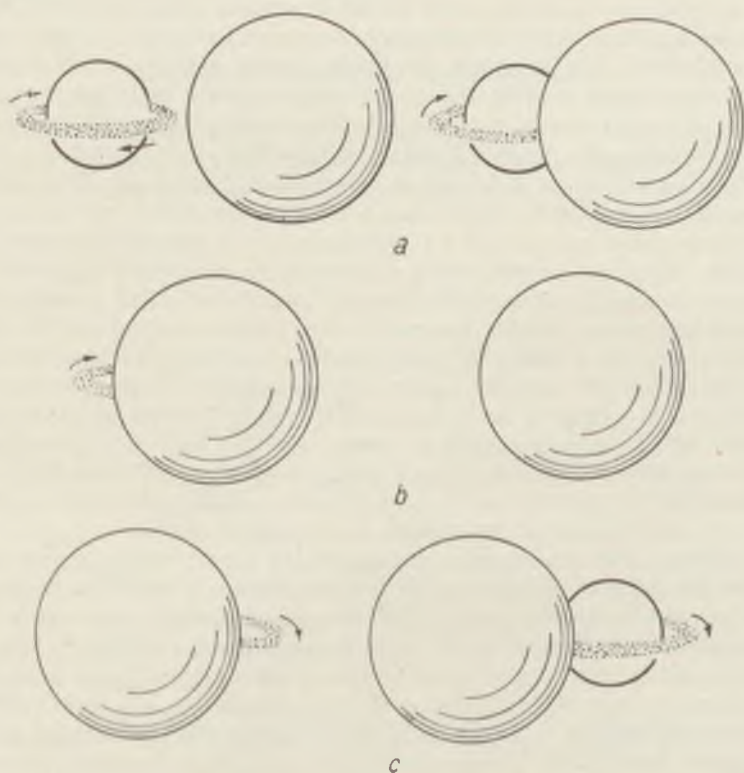
Igen érdekes eredményeket hozott a többi igen hosszú periódusú fedési kettős vizsgálata is. Ezek közül a legnevezetesebbek adatait a VIII/a táblázatban találjuk.

VIII/a táblázat

Név	ζ Aur	31 Cyg	32 Cyg	VV Cep
Periódus (év)	2,7	10,4	3,4	20,4
Totalitás ideje (nap)	38	61	13	450
Leszálló, ill. felszálló ág hossza (nap)	1,5	1,7	4	20
Atmoszferikus fogyatkozás (nap)	30	70	70	?
Nagyobb komponens sugara (R_{\odot})	200	170	350	1800
Kisebb komponens sugara (R_{\odot})	7	5	4	20

¹⁷ A BM Eri változócsillagról is azt gyanítják, hogy fedési kettős, de még nem sikerült fénygörbéjét végigészlelni. Ha a sejtés igaz, periódusa 70 óvnál is hosszabb kell legyen!

A nagyobb méretű komponens ezen rendszerekben egy késői K vagy M típusú, 20–50 naptömeg körüli óriásfeletti, a kisebb komponens egy forró, 10–20 naptömeg körüli B csillag. Asztrofizikai jelentőségük főleg abban van, hogy a fedés kezdetén és végén, a B csillag fénye az óriás légkörének külső rétegein áthaladva (táblázatunkban: atmoszférikus fogatkozás), ennek színpémben abszorpciós vonalak keletkez-



50. ábra. Az RV Tau modellje Joy szerint

nek, amelyek kiváló alkalmat nyújtanak a szuperóriások légkörének vizsgálatára.

Ezen a leghosszabb periódusokat képviselő rendszerek után nézzünk néhányat a félig szétválasztott típusúak közül. Először az RV Tau — egy Algol típusú fedési rendszer — színpémben találtak fényes emissziós hidrogénvonalakat, amelyek időnként két komponensre ha-

sadtak szét. Joy szerint ezek egy kiterjedt gázgyűrűtől erednek, amely a B színképű főkomponens körül gyors, a pályamozgással egyirányú forgást végez (50. ábra). Később még vagy húsz hasonló fedési kettőst találtak, amelyek szintén ilyen emissziósvonalakat mutattak. Némelyek ezek közül az RV Tau-hoz hasonlóan viselkedtek, azaz az emissziósvonalak a fogyatkozás közepénél eltűntek, jelezvén, hogy a kísérő mérete nagyobb a gázgyűrűénél. Más rendszereknél viszont a fogyatkozás közepén is észlelhető volt a kettős emissziós vonal, jelezvén hogy a kísérő kisebb a gyűrű átmérőjénél és a gyűrű két széle — egyik hozzánk közeledő, másik tőlünk távolodó mozgást végezve — kétoldalt a sötét komponens mellett kilátszik. Más rendszerek esetében viszont a gyűrű oly nagyméretű, hogy vonalai nem csak a fedés alatt, hanem a fényváltozás egész fázisa folyamán észlelhetők.

Ezek a kettősök az Algol típusú változók közé tartoznak. Itt a kísérő a rendelkezésére álló térrészt teljesen kitölti és ennek folytán az L_1 ponton keresztül anyag áramlik a komponense felé. Bizonyos dinamikai feltételek teljesülése esetén ebből az anyagból egy gyűrű képződhet a fényesebb kisebb csillag körül. E gyűrű csak akkor jöhet létre, ha elegendő hely van a kisebb, fényesebb és a térrészt kitöltő kísérő közt, mivel a dinamikai feltételek megkívánják, hogy a gyűrű egy bizonyos kritikus méretnél nagyobb legyen. Ha nincs elég hely, nem tud gyűrű képződni és ekkor az emissziós vonalakat csak addig látjuk, amíg a kísérő felénk anyagkiáramlást mutat. Ezek a kitörések, amelyeket óriás napfáklyákhoz hasonlóknak lehet elképzelni, nem mindig állandó jelenségek. Pl. az RW Tau és U Sag rendszerekben, az emissziósvonalak időnkénti eltűnését ily módon lehet magyarázni.

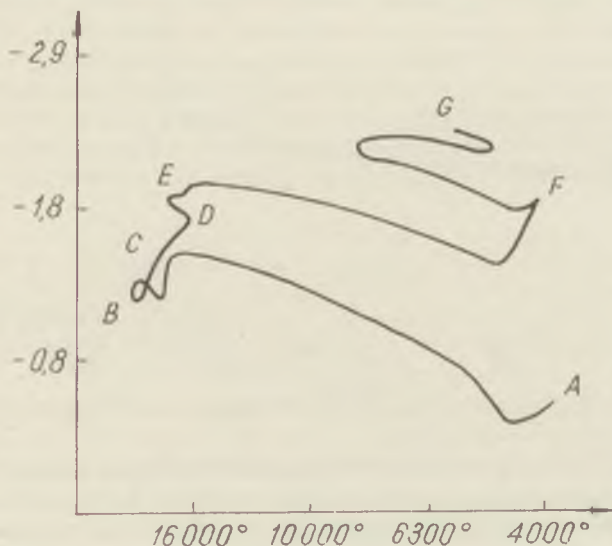
Térjünk most át néhány oly obszerváció ismertetésére, amely arra enged következtetni, hogy mindkét csillag kitölti a rendelkezésére álló Roche modell szerinti térrészt. Ekkor anyagkiáramlás nemcsak az L_1 ponton keresztül történhet, az egyik komponenstől a másik felé, hanem az L_2 ponton történő kiáramlás folytán a csillagok anyaga a rendszert teljesen el is hagyhatja. Ilyenek a W UMa rendszerek, amelyeket tömeg és átmérőt illetően két Naphoz hasonló csillag alkot és színképükben mindkét komponens vonalai látszanak. Ámbár kis abszolút fényességük miatt kevesebbet ismerünk belőlük mint pl. az Algol típusúakból, statisztikai becslés szerint a leggyakoribb fedési kettős, legulább tízszer gyakoribb az Algoloknál. A komponensek színképe általában hasonló, a főágbeli F , G , K típusok körüli. Érdekes, hogy tömegarányuk $1 : 2$ körül mozog, míg a komponensek fényessége keveset tér el egymástól, ellentétben a tömegaránytól várt $2 - 3$ magnitúdó fényességkülönbségtől. Tehát a komponensek viselkedése eltér a tömeg-fényesség reláció által megkívánttól. Ezt annak tulajdoníthatjuk, hogy mindkét komponens az L_1 ponton kiáramló anyag közös gázburkba foglalja, amely-

ben anyag és energia szabadon keveredik. Ez a gázburok egyenlíti ki a komponensek fényesség és színeképkülönbségeit.¹⁸

Megjegyzendő még, hogy az Algol és β Lyr típusok úgy tömeg mint színekép szempontjából sokkal változatosabbak mint a W UMa típusúak. Előfordulnak komponensek a Wolf-Rayet és óriáscsillagoktól kezdve a főágbeli törpékig különböző változatos párosításban, módot adván e csillagfajták részletesebb vizsgálatára.

A csillagok fejlődése és a szoros kettősök

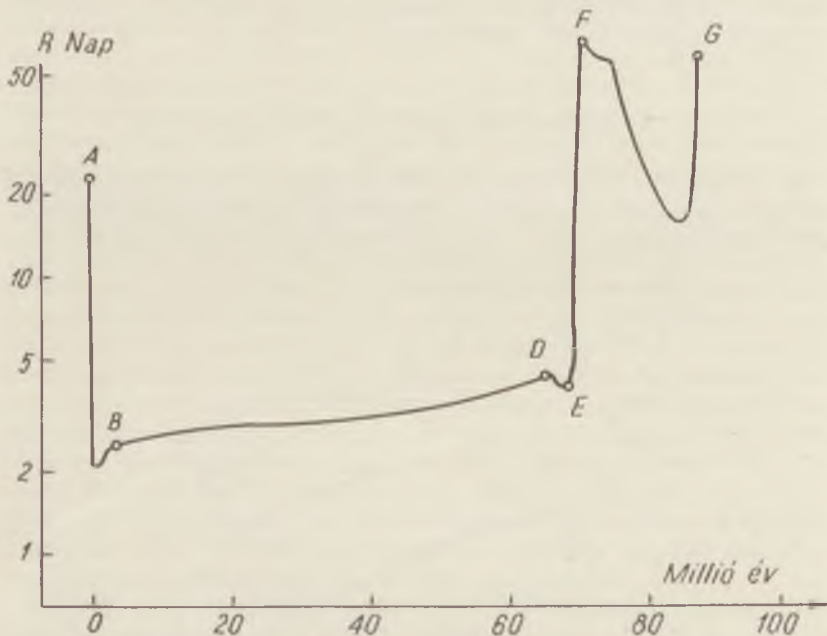
Az asztrofizika újabb eredményei közül jelentős helyet foglalnak el a csillagok fejlődésével foglalkozó vizsgálatok. Elméleti vonalon a csillagok belső szerkezetének és az energiatermelésben szerepet játszó atom-



51. ábra. $5M_{\odot}$ tömegű csillag fejlődési útja a HR diagramban. Abszcisszáként az abszolút hőmérséklet, ordinátaként az abszolút fényesség látható bejelölve

¹⁸ Az első fodási kettős, amely modelljén a Lagrange pontokon történő anyagiáramlást vizsgálták a rég ismert β Lyr volt, Kuiper szerint szintén a W UMa típuséhoz hasonló modellel magyarázva. Újabban azonban Huang [7] vizsgálatai szerint különleges rendszert alkot, ahol a B színeképtípusú főkomponens teljesen kitölti térrészét, míg a nagyobb tömegű kísérő kisebb átmérőjű és egy a B komponensből kiáramló gázból keletkezett korong veszi körül.

magreakciók vizsgálata, észlelési vonalon pedig a *HR* diagram és a csillaghalmazok részletes megismerése nyújtott lehetőséget a csillagok életútjának követésére. Nézzük egész röviden, csak arra kitérve amire a kettősökkel kapcsolatban szükségünk lesz, mit is tudunk jelenleg erről. A két leglényegesebb tényező amely a csillagok fejlődését meg-



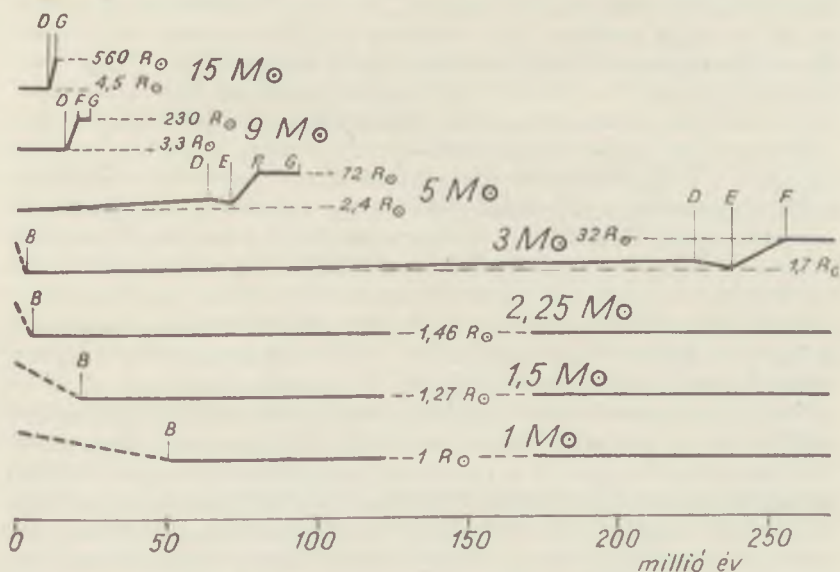
52. ábra. $5 M_{\odot}$ tömegű csillag sugarának változása az idő függvényeként

határozza: a tömeg és a kémiai összetétel. Utóbbira feltételezhetjük, hogy a fejlődés elején a csillag anyaga nagyrészt hidrogénből áll. Fuszuk át röviden egy $5M_{\odot}$ tömegű csillag fejlődését két ábra segítségével. Egyik a csillag útját a *HR* diagramban, a másik a csillag sugarának a változását az idő függvényeként ábrázolja (51. és 52. ábra). Az A és B pontok közti szakaszon keletkezik a csillag. A gravitációs kontrakció hatására az összehúzódó gázgömb belseje mindjobban felmelegszik. E fázis modellje nincs még részletesen kidolgozva és még sok magyarázásra váró problémát nyújt. Minket a kettősökkel kapcsolatban a fejlődés főleg a B ponttól kezdve érdekel. E pontban éri el a csillag a főágat és magjában megindul az energiatermelés, amely folyamán a hidrogén héliummá alakul. B és D közt a csillag a főág mentén tartózkodik. Ez alatt hidrogénjét fokozatosan héliummá alakítja, magjának

hőmérséklete nő és az energiatermelés is lassan növekszik. Ennek ellensúlyozására külső légköre kissé kiterjed és lehül. Ahogy a hidrogén a csillag magjában fogy, a csillag sugara a D pontban egy lokális maximumot ér el. Amint a csillag magjából a hidrogén kifogy, egy rövid összehúzódnási szakasz következik a D és E pontok közt. Ennek eredményeként a csillag magját alkotó hélium körül egy gömbhéj alakú rétegben újra begyullad a hidrogén.

E és F között a csillag sugara először lassan, utána rohamosan nőni kezd, mivel a héliummagot körülvevő égő hidrogénhéj termikus instabilitást okozva a csillag légkörét nagyméretűre felnöveli. A főágbeli csillagból vörös óriás keletkezik. Az F pontban indul meg a csillag magjában a hélium átalakulása. F és G között a csillagnak két energiaforrása van. A hélium égése a magban és a hidrogéné az ezt körülvevő gömbhéjban. Ezalatt a sugár csökkenni kezd, majd újból növekedik. A csillag további fejlődése folyamán, ha a hidrogén gyakorlatilag elfogyott, a csillag belsejében egy szénatomokból álló mag keletkezik és az előbbihez hasonló fejlődési fázis következik. Ebben a hidrogén–hélium szerepét a hélium–szén veszi át, ez újabb átmérőnövekedéshez vezet és a fejlődés még kevésbé vizsgált fázisok felé folytatódik.

Az 52. ábránkon a különböző fázisok fejlődési idejét láthatjuk fel-



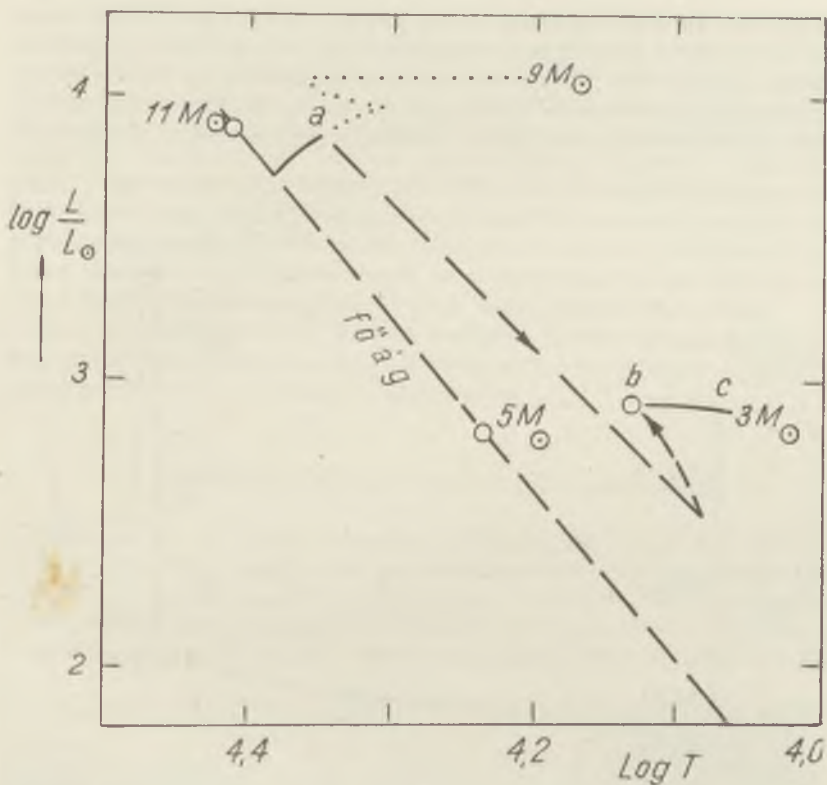
53. ábra. Különböző tömegű csillagok fejlődési fázisainak időbeli összehasonlítása. A sematikus ábrák betűjelei azonosak az 51. és 52. ábrán használtakkal. Az egyes példák mellett a csillag sugarának szélsőértékei is fel vannak tüntetve

tiintetve $5 M_{\odot}$ tömegű csillag esetén. Legrészletesebben vizsgált és számított szakasza a csillagok fejlődésének a B és F közötti rész 1-től 15 naptömegig. A csillag fejlődési fázisai e tömeghatáron belül, kisebb eltérésektől eltekintve a fentieket követik. Lényeges eltérés az időskálában van. Mégpedig a kisebb tömegű és egyben — a tömegfényesség reláció szerint — a kisebb luminozitású csillag fejlődési szakaszai hosszabb ideig tartanak. Erről az 53. ábra nyújt összefoglaló képet, ahol a különböző tömegű csillagok fejlődési szakaszai láthatók egymással összehasonlítva.

De mi történik ha a csillag egy szoros kettősrendszer tagja? Ekkor a csillag míg a saját Roche modell szerinti térfelén helyezkedik el követi a fent leírt fejlődési menetet. De amikor egy olyan fázishoz ér, ahol a sugara növekedni kezd, a csillag mérete már elérheti az L_1 Lagrange-féle szinguláris pontot. Ekkor a sugár már nem tud tovább növekedni és anyaga az L_1 ponton a komponense felé áramlik. Ezt komponense, ha nem tölti ki saját térrészét, befoghatja. Így nem csak egyik komponens tömegvesztesége, hanem még a komponensek közti tömegarány megváltozása is rendellenessé teszi a csillag fejlődését. Mivel a nagyobb abszolút fényességű csillagok egyben a nagyobb tömegűek is, az volna várható, hogy a főkomponenst (a nagyobb tömegű csillagot) mindig a fejlődés későbbi szakaszában találjuk. De ez egyáltalában nincs mindig így, pl. az Algol esetében sem. Részletes modellszámítások azt mutatják, a főkomponens tömegvesztesége olyan mértékű lehet, hogy össztömegtől függően 10–100 ezer éves nagyságrendű idő alatt, a két komponens szerepet cserél, azaz a volt főkomponens lesz a kisebb tömegű.

Nézzünk egy példát *Kippenhahn* és munkatársai számítása szerint. Egy $9 M_{\odot}$ – $5 M_{\odot}$ tömegeloszlású rendszer főkomponensének fejlődését a HR diagramban, ahol a két komponens egymástól $13,2 R_{\odot}$ távolságra kering (54. ábra). A $9 M_{\odot}$ komponens fejlődési vonala pontozottan látható bejelölve. Az a pontban azonban a főkomponens rendelkezésére álló térrészét teljesen kitölti, és tömegvesztesége miatt fejlődése már a szaggatott vonal mentén történik, és így rövid idő, 60 ezer év alatt, a b pontba jut. Ekkor tömege már csak $3,7 M_{\odot}$ és főkomponensből kísérővé változik, míg a volt kísérő $10,3 M_{\odot}$ -al főkomponens lesz.

Ezután egy lassabb fejlődési fázis következik, amely kb. 10 millió évig tart (b – c szakasz). Ezalatt a volt főkomponens még megmaradt hidrogénkészletét égeti és a processzus befejezése után újabb $0,7 M_{\odot}$ tömeget veszítve saját térrészét kitölti. A félig szétválasztott rendszerből kontaktrendszer lett. Ezen lassú második fejlődési fázis stádiumában vannak valószínűleg az általunk észlelt Algol típusú változók is. A fent vázolt fejlődési menet olyan rendszerekre jellemző, amelyek össztömege nagyobb $3 M_{\odot}$ -nál. Ha az össztömeg ennél kisebb, a fejlődés W UMa típusú rendszer keletkezéséhez vezethet. Ez a modell azonban

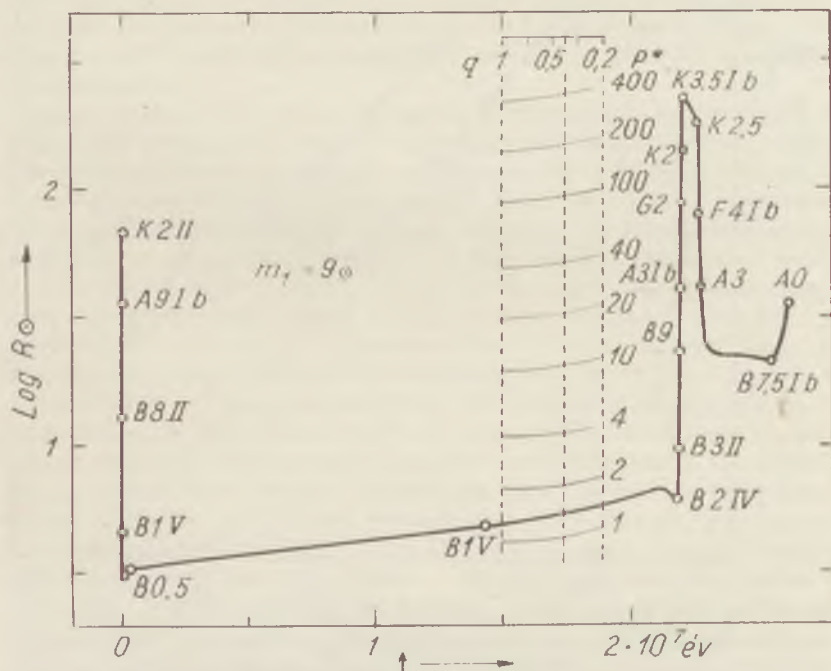


54. ábra. Egy $9 M_{\odot} - 5 M_{\odot}$ tömegű kettősrendszer főkomponensének fejlődési útja a HR diagramban. Abszcissa: az abszolút hőmérséklet logaritmusa; ordináta: a luminozitás logaritmusa (egység a Nap luminozitása.)

még nincs részletesen kidolgozva. Mivel az $a-b$ szakaszt fejlődése folyamán a csillag rövid idő alatt futja be, kisebb a valószínűség olyan rendszer észlelésére amely ebben a fázisban tartózkodik. Ilyen rendszer valószínűleg az általunk β Lyr típusnak észlelt csillagok egy része.

Lényeges kérdés a kettősökkel kapcsolatban: mikor jut egy csillag fejlődése folyamán ahhoz a ponthoz, hogy a Roche modell szerinti térrészét kitöltse? Mint láttuk a csillag fejlődését meghatározó paraméterek közül a tömeg a legfontosabb. A két tömeg értéke és az őket elválasztó távolság viszont meghatározza a Roche féle térrész méretét. Ha a kísérő tömege és a komponensek távolsága helyett a tömegviszonyt és periódust vezetjük be (az utóbbiak az előbbiekkal egyenértékűek), eredményeinket szemléletesebben tudjuk az észlelésekkel összehason-

lítani. Az 55. ábra diagramja az 52. ábrához hasonlóan a csillag sugara és az idő közti összefüggést ábrázolja. $9 M_{\odot}$ tömegű csillag fejlődését látjuk, a különböző fázisokhoz a színképtípust is beírva. Az ábrán függőleges elhelyezésben a P^* kritikus periódus értékei láthatók bejelölve. Ezen periódusértékeknél tölti ki a csillag a rendelkezésére álló térrészt.



55. ábra. $9 M_{\odot}$ tömegű csillag sugarának változása fejlődése folyamán és a P^* kritikus periódus. Abszcissza: idő tízmillió években; ordináta: a sugár logaritmus R_{\odot} -ban

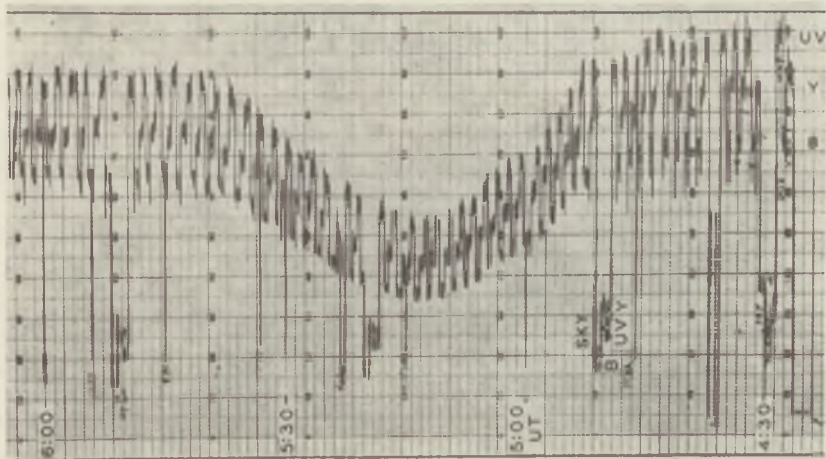
E pont helyzete kismértékben a rendszer tömegeloszlásától is függ. Ez látható a periódusdiagram felső részén $q=1$ és $0,2$ tömegarány közt feltüntetve. Az ábra jobb megértéséhez nézzünk néhány példát. Ha egy $9 M_{\odot}$ főkomponensű rendszer periódusa 1 nap, akkor térrészét rögtön főágra jutása után B 0,5 és B 1 V színképtípust jelző pontok közt kitölti. 4 napos periódus esetén ezt csak a B 3 II és B 9 pont, 100 napos periódus esetén pedig csak a G 2 és K 2 között éri el. Ha a periódus 400 napnál nagyobb, a főkomponens fejlődése folyamán már nem is fogja kitölteni a rendelkezésére álló térrészt és a rendszer csillagai egymástól függetlenül fejlődhetnek.

Befejezésül még egy kérdést szeretnénk érinteni: Hogyan keletkeztek a kettősök és milyen rendszer fejlődésük végpontja? A kérdés első feléről igen keveset tudunk. Mint egyik legvalószínűbb lehetőséget *Struve* [2] a komponensek befogását említi. Ez azonban csak a fejlődés első fázisában történhetett és ekkor is csak a csillagok és protocsillagok normálisnál lényegesebben sűrűbb elhelyezkedése mellett. Valószínű tehát, hogy a kettősök halmazokban és asszociációkban keletkeztek, ezek fejlődésének kezdeti stádiumában. Később ezek szétbomlása után népesítették be Tejútrendszerünk többi részeit. *Struve* elképzelése szerint a masszívabb kettősrendszerek az O asszociációkban alakultak ki, míg a T asszociációk a kisebb tömegű W UMa rendszereket adták.

A kérdés második részére feleletet keresve a fedési kettősök egy olyan csoportjával találkozunk, amelyről eddig még nem szoltunk. Ismerjük meg ezeket röviden, befejező fejezetünkben.

Az exnovák és novaserű változók: kettősrendszerek

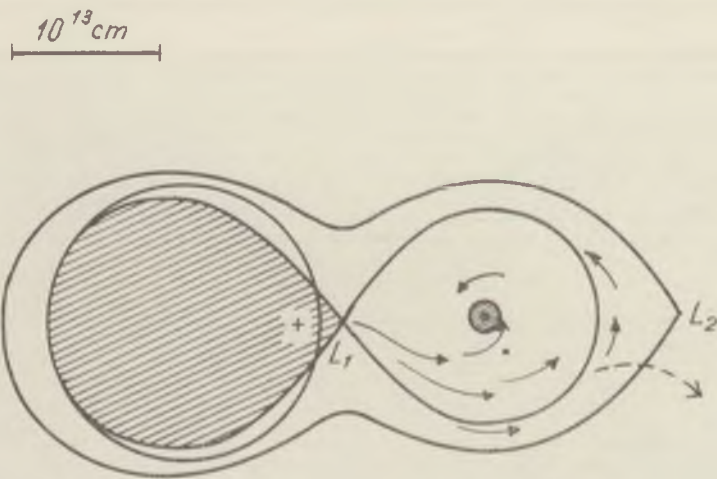
1954-ben *M. F. Walker* amerikai csillagász nagy feltűnést keltő és igen érdekes felfedezést közölt: Fotometriai észlelései azt mutatták, az 1934-es DQ Her nova, fedési kettőscsillag. Ez a nova 1934 decemberében 1,3 magnitúdó maximális fényességet ért el, de 1954-re 14 magnitúdóra halványodott. A fényváltozás periódusára igen rövid érték adó-



56. ábra. A DQ Her egy minimuma. *F. W. Walker* fotoelektromos regisztrójának, három színben észlelve. (Felülről, lefelé: ultraviolya (UV), sárga (Y) és kék (B))

dott: 4 óra 39 perc. A főminimum amplitúdója meglepően nagy, 1,2 magnitúdó, míg a mellékminimum nyoma nem található a fénygörbén (56. ábra). A további részletes vizsgálatok is szolgáltak meglepetésekkel. A fénygörbe alakja periódusról periódusra, sőt némelykor a leszálló ág és a hozzátartozó felszálló ág közt is, olyannyira változott, hogy lehetlenné tette a rendszer pályájának és állandóinak számítását. Emellett a fénygörbe a fogyatkozáson kívül is mutatott egy 0,1 magnitúdó amplitúdójú, egész rövid periódusú, de igen szabályosan ritmikus, 7,1 másodperces fényváltozást. A főminimum alatt azonban ez a lüktetés nem észlelhető, ami arra enged következtetni, hogy a fedést szenvedő komponens pulzációjától ered. A spektroszkópai és radiálissebesség észlelések is igazolják az exnova kettős voltát. De itt is a fénygörbéhez hasonlóan több anomális jelenség észlelhető, amit részben még a novakitörés alkalmával kidobott gázhéj szinképe okoz. A fényesebb emisziósvonalak radiálissebesség-változásai azonban a fényváltozással egyező periódust mutatnak, de némi fáziseltolódással.

Walker felfedezése után Struve rögtön közölte sejtését: Valószínű minden novatípusú csillag kettős és kettősvolta lényeges szerepet játszik fejlődésében és viselkedésében. Ezt nemsokára rá, 1956-ban, Joy felfedezése követte, aki az SS Cyg törpenováról mutatta ki, hogy spektroszkópai kettős¹⁹.



57. ábra. Exnova ill. novászzerű változó geometriai modellje. A saját térrészét kitöltő főágbeli csillagból anyag áramlik az L_1 ponton keresztül a fehér törpe főkomponens felé. A rövid periódus által ébresztett nagyobb centrifugális erő hatására az anyag egy része az L_2 pont környékén el is hagyhatja a rendszert

Ezután egymást követték az újabb hasonló felfedezések. Jelenleg több mint két tucat nováról és törpenováról tudjuk hogy kettős. Vizsgálatukat azonban eléggé nehezíti kis fényerejük. Legtöbbje 14–15-öd rendű és csak óriásteleszkópokkal észlelhetők, főleg spektroszkópai jellegzetességeiket illetően. Köztük a legfényesebb, az SS Cyg törpenova is 11,5 magnitúdós. 9-ről csak a radiálissebesség, 3-ról csak a fotometriai viselkedés árulja el hogy kettős. Csak 4 olyan rendszert ismerünk, amelynek színeke, radiálissebesség-változása és fénygörbéje is észlelhető. Ez utóbbiakhoz járul még 5 hasonló részletességgel ismert novaszerű rendszer. Végül e típushoz számíthatjuk még azt a néhány exnovát, amelyek színeke az előbbiekéhez hasonló, de nem mutatnak radiálissebesség- és fényességváltozást. Ezek valószínűleg pólusukat felénk fordító rendszerek.

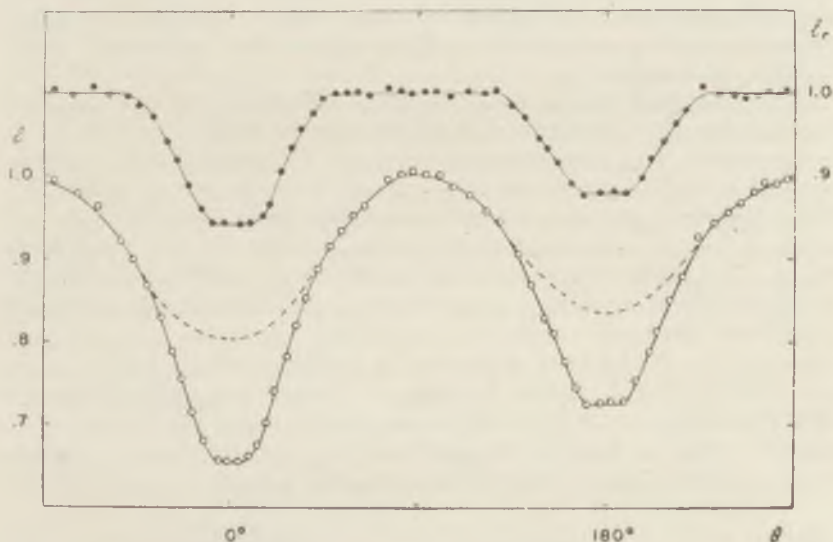
Vizsgálatukkal főleg a nagy amerikai tükörteleszkópokat használó csillagászok egy csoportja foglalkozik: *M. F. Walker*, *R. P. Kraft* és munkatársai. De a varsói obszervatórium csillagászaiknak — részben amerikai észlelési anyag alapján végzett — kutatásai is jelentősek. Ezek alapján a következőkben foglalhatjuk össze amit e típusról tudunk. A rendszer fényesebb tagja mindig egy sdBe színekeptípusú fehér törpe. Ha kísérője²⁰ színeke is észlelhető, ez egy *G-K* esetleg *M* színekeptípusú kiterjedt légkörű törpe. Több exnova esetén még a rendszert körülvevő gázburok színeke is észlelhető. Az egyes komponensek tömege 1/4–2 naptömeg közt van. A periódus általában rövid, főleg 0,2–0,4 nap körüli. Három rendszeré — köztük a részletesen vizsgált EX Hya törpe- és WZ Sge rekurrens nováé — igen rövid, 0,05–0,07 napos (másfél óra körüli!). A periódusértékek másik végétét — a többi 1 napnál rövidebb periódusúak közül messze kiugorva — a T CrB re-

¹⁹ A nova és novaszerű változók jellegzetességei a következők: 1. A *novák* mutatják a legnagyobb amplitúdójú erupeiót (8–12 magnitúdó), amelyet több éves vagy évtizedes visszatérés követ az eredeti fényesség felé. 2. A *rekurrens novák* valamivel kisebb amplitúdójú erupeiót mutatnak, amely évtizedekre terjedő időközökben megismétlődik. 3. A *törpenovák* vagy *U Gem változók* esetében kisamplitúdójú (2–4 magnitúdó) erupeiók rövidebb (10–100 napos) időközönként ismétlődnek.

Igen jelentős Kukurkin és Purenago 1934-ben közölt felfedezése, amely szerint az erupeió nagysága és a köztük eltelt idő egyértelmű összefüggést mutat. Ezt extrapolálva a nagyobb amplitúdók felé következik a sejtés, hogy a rendszer novák is rekurrensok, de az erupeiók közt több évszázad telik el. [8]. A két utóbbi típust a rekurrens és törpenováuk novaszerű változóknak is szokták nevezni, ámbar újabban ezen elnevezést inkább csak azon csillagokra alkalmazzák, amelyek exnovaszerű viselkedést mutatnak, de amelyek esetében erupeiót nem észleltek. A továbbiakban a novaszerű elnevezést mi is ilyen értelemben használjuk.

²⁰ Ennél a típusnál a tömegeloszlástól függetlenül mindig a fényesebb csillagot tekintjük a főkomponensnek.

kurrens nova képviseli 227,6 nappal. Néhány esetben a főminimum mellett a mellékminimum is észlelhető; néhány esetben pedig mindkét komponens radiálissebessége is mérhető. A fénygörbe azonban minden esetben deformált. A pályaelemeket egy rendszer esetében sem sikerült kielégítően meghatározni. Ezért annak ellenére, hogy több esetben fénygörbét és radiálissebességeket is észlelünk, a komponensek tömegadatait csak becsülni lehet. A színekpvonalak struktúrája heves gázkiáramlásokra utal. Fentiek alapján a rendszert a következő modellel jellemezhetjük. Egy kék, kis méretű, nagy sűrűségű fehér törpe és



58. ábra. Az AK Her W UMA típusú fedési változó fénygörbéje. Alul a számított fénygörbe és az észlelt fényintenzitások láthatók (l). Szaggatott vonal a fedési effektus nélküli fénygörbét jelöli. Fent a rektifikált számított fénygörbe és az észlelt fényintenzitások rektifikált értékei (l_d) láthatók.

egy a saját Roche modell szerinti térfelét kitöltő, kiterjedt légkörű $G-K$ típusú csillag kering egymás körül. Az előbbi fejlődése vége felé tartván hidrogénjét már elégette, míg utóbbi a főág közelében tartózkodó, hidrogénben még gazdag (legalábbis légkörét illetően) törpecsillag. Az L_1 ponton keresztül anyag áramlik a $G-K$ csillag felől a forró B fehér törpe felé (58. ábra).

A novák vizsgálata mindig egy előtérben levő asztrofizikai probléma volt, és most végre úgy látszott e modell a megoldáshoz közelebb juttat. De mindjárt a legfontosabb kérdés — melyik komponens a novaeerupeió

gazdája — nehéz diónak bizonyult. Sokáig nem sikerült a két komponens közt dönteni. Mivel a főágbeli G - K komponensből anyag áramlik ki, e komponens erupciószerű kitöréseinek tulajdonították a novaszzerű fellángolásokat. Csak legutóbb sikerült egy olyan modellt kidolgozni, amely úgy elméleti mint észlelési szempontból a legelfogadhatóbb. És ezzel elérkeztünk utolsó kérdésünk megválaszolásához is: mi a végállomása egy kettőscsillag fejlődésének?

Nemrég, 1967-ben sikerült egy kettőscsillagmodell számításával e kérdéshez közelebb jutni. Kippenhahn és munkatársai egy $2 M_{\odot}$ és $1 M_{\odot}$ tömegeloszlású rendszer fejlődését vizsgálva, azt találták, hogy a főkomponens életútja vége felé egy $0,26 M_{\odot}$ tömegű héliummagból és egy ezt körülvevő alacsony hőmérsékletű gázburokból álló csillag lesz, vagyis egy kihűlő vörös óriás, melynek magját egy fehér törpe képezi. Ha a héliummag már ilyen kis tömegű, belsejében már nem folytatódhat tovább az energiatermelés, azaz a héliumégés már nem gyullad be és a csillag elérkezett fejlődése végállomásához. (Először sikerült egy csillag fejlődését a fehér törpe állapotig végigkövetni!) A továbbiakban a degenerált anyagú héliumtörpe gázburka lassan összeesik. Kísérője, amely lassú fejlődése folyamán társa kidobott anyagát összegyűjtötte, egy $2,84 M_{\odot}$ tömegű főágbeli csillag lett és csak most éri el azt a fázist amikor saját Roche modell szerinti térfelét kitölti. Ekkor hidrogéndús légköre az L_1 ponton keresztül fehér törpe párja felé áramlik. Ez a hidrogéngáz a magashőmérsékletű héliumtörpe atmoszférájába jutva heves novaszzerű jelenségeket okozhat.

Eszerint tehát a novák és törpenovák nagyon hasonlítanak a fenti fejlődés végmodelljéhez, amely a novaerupció magyarázatához is némi útmutatást ad. Így, ha nem is kaptunk teljes feleletet kérdéseinkre — hiszen a nagyobb tömegű rendszerek fejlődését még nem tudjuk végigkövetni —, igen jelentősnek tekinthetjük az eddig elért eredményeket is.

Áttekintésünk végére érve a kettőscsillagokat mint a csillagfizika fontos útmutatóit ismertük meg és mint láttuk, az általuk nyújtott információk még messze sincsenek kimerítve, úgyhogy a jövőben is igen sokat várhatunk még e távoli rendszerekből hozzánk érkező üzenetek megfejtésétől.

[1] Első flash spektrum észlelése *C. A. Young* 1869; a csillagok és Nap színképének analízise *A. Secchi* 1870 körül; első kettőscsillag-radiálisschesség mérések *E. C. Pickering* 1889, *H. C. Vogel* 1890; a csillagok belső szerkezetének első vizsgálatai: *J. H. Lane* 1870, *A. Ritter* 1879, *W. Thomson* 1887, *R. Emden* 1907.

[2] *O. Struve* és *S. S. Huang* cikke a *Handbuch der Phys.* 50. köt.-ben, 1958.

- [3] *K. Walter* vizsgálatai az 1940-es évek elején az árapályerők hatásáról az algalrendszerekben; *G. P. Kuiper* 1941-es β Lyr modellje.
- [4] *Roche* vizsgálatán kívül: *C. Clairaut* 1750, *A. M. Legendre* 1772, *P. Laplace* 1825, *C. G. J. Jacobi* 1836 alapozták meg az égitestek alakjának vizsgálatát.
- [5] *O. Struve*, *PASP* 68. 1956.
- [6] *Margherita Hack*, *Mem. S.A.I.* 32. 1961.
- [7] *S. S. Huang*, *ApJ* 138. 1963.
- [8] Érdekes kérdés e törvény törpenovákön túli extrapolálása. Eszerint a sor másik végén a Cepheidák, RR Lyr-ék és β CMA csillagok kell álljanak. E cikk szerzője is megkísérelte régebben e sejtés vizsgálatát. Az RR Lyr fénygörbéjén egy kísérő hatását vélte felfedezni (a pulzáció 1/4—1/3 periódusával), amely csak a minimum és felszálló ág környékén észlelhető. Más ilyen típusú csillagoknál is talált hasonló effektusokat, amelyeket némelykor még egész rövid periódusú lüktetés vagy erupció is kísért. Erről az újabb irodalomban is jelent meg néhány megjegyzés. *W. S. Fitch* (*ApJ* 148, 1967.) az RR Lyr és β CMA csillagok fénygörbeváltozásait szintén egy kísérő hatásának tulajdonítja. Ugyanezt vizsgálja még *O. J. Eggen* (*PASP* 82. 1970.), *G. W. Preston* (*Kl. Veröff. Bamberg* No. 40.), *W. S. Fitch* (*Non-Periodic Phen. in Var. Stars*. 1969.). Legújabban *J. Stock* és *S. Tapia* (*Astr. and Ap.* 10. 1971.) mutatták ki az SX Phe radiálissebesség görbéjéből, hogy e törpe cepheida kettős vagy többszörös.

AZ ŐSROBBANÁSTÓL A GALAXISOK KELETKEZÉSÉIG

A mi Tejútrendszerünkön kívül és tőle nagy távolságban elhelyezkedő csillagrendszerek, extragalaxisok tulajdonságairól, sajnálatos módon elég kevés ismeretünk van. Ismereteink elsősorban geometriai alakjukra, számukra, nagyságukra, fényességükre, színképükre, távolságukra, tőlünk mért távolodási sebességükre vonatkoznak. E szerteágazó tapasztalati anyag feldolgozásában igen sok hipotetikus elem segítségülhívása szükséges, aminek a célja, hogy a megszerzett és megértett ismeretekből olyan előrejelzéseket állítsunk elő, amelyeknek további tapasztalati ellenőrzése az adott technika szintjén elvégezhető. A galaxismagokban tapasztalt igen nagy mértékű energiafelszabadulás hovatovább világossá teszi, hogy a nukleáris reakciókból nyerhető energiák kevésnek bizonyulnak a folyamatok magyarázatára. A geometriai formák osztályozása, a morfológiai elemzés során kínálkozik egy lehetőség a galaxisok fejlődési folyamatának kifürkészésére. Eszerint a szabálytalanok fiatalabbak lennének a spirálisoknál, a spirálisok fiatalabbak az elliptikusoknál. Ez a morfológiai sorozat segítene a kor meghatározás problémáiban is. A galaxisok életében nyilvánvalóan fontos szerepet játszanak a gravitációs erők mellett a mágneses erők, amire a rádiósugárzásukból és színképi vizsgálatokból lehet következtetni.

A néhány évtizede lendületesebben folyó kutatásokat nagy optikai távcsövek építése, a galaxisok távolodásának felfedezése, és a rádiócsillagászat előretörése indította el. Talán így is mondhatjuk, ez a galaxisok vizsgálatának egy aránylag nyugodt korszaka volt, ahol a szorgalmas munka során csak lassan felgyűlő tapasztalati anyag mintha inkább türelemre, mint robbanékony ötletziporkázásra biztatta volna a kutatókat.

Ennek a nyugodalmas, aránylag türelmes szemléletmódnak, amely ezt a korszakot jellemezte, az elmúlt évtizedben szinte egy csapásra vége szakadt. Az érdeklődést három, egymástól látszólag távol eső megfigyelési eredmény vonta magára és fordította a kozmológiai kérdések felé.

Az első a kvazárok, a csillagszerű rádióforrások felfedezése volt. Mint ismeretes [1. Csillagászati Évkönyv. 1965, Marx György: A 3C273 hipercsillag és a gravitációs kollapszus.] ezek olyan objektumok, amelyek igen nagy távolságban vannak tőlünk, méretük fényévnyi nagyságrendű, sugárzásuk azonban a galaxisoknál tapasztalt erősségű. Megemlítjük, hogy a kvazárok energiatermelése a mért intenzitásokon alapuló becslés szerint elérheti a 10^{62} erget is, ami egyenértékű $6 \cdot 10^7$ naptömeg nyugalmi energiájával. A kvazárok tulajdonságainak megfigyelése jelentős sikereket könyvelhet el az utóbbi évek során, viszont az energiakibocsátás mechanizmusának megértése terén igen sok elképzelés viaskodik (pl. gravitációs összeomlás) egyelőre anélkül, hogy a megnyugtató magyarázathoz vezetett volna.

A második eredmény a kozmikus foton-háttérsugárzás felfedezése volt. Ismeretes, hogy ezt a háttérsugárzást Penzias és Wilson 1964-ben úgyszólván véletlenül fedezték fel, amikor a Telstar mesterséges holdak számára a rádióvevőkészülékek érzékenységet még tovább akarták fokozni. Megfigyelték egy, 7,35 cm hullámhosszúságú izotróp, vagyis minden irányból azonos intenzitással érkező elektromágneses sugárzást. Egyéves gondos vizsgálattal kimérték az intenzitás és a hullámhossz összefüggését ábrázoló görbe egyes pontjait a 0,1 cm – 100 cm tartományban, majd a mérések pontosságát figyelembe véve megállapították – a földi, ill. naprendszerbeli esetleges zavarok kiküszöbölése után –, hogy ez a görbedarab egy olyan Planck-görbéhez tartozik, amely egy $2,7^\circ\text{K}$ hőmérsékletű fekete test sugárzásának felel meg. Penzias és Wilson ezen eredménye szerint az univerzumban az atomos anyag mellett egy elektromágneses hullámokból álló „tenger” is jelen van, amely számára az atomos anyag teljesen átlátszó, tőle független. Ne tévesszen azonban meg bennünket ennek a fotontérnek az alacsony hőmérséklete, vagyis ne mérjük a fontosságát a hőfok kicsiségével. Ha ugyanis az ismert univerzum „atomos” anyagát (csillagokat, por- és gázfelhőket) az általunk belátott univerzumban egyenletesen szétteritenénk, akkor a mérési hibákat is figyelembe véve – az átlagos atomsűrűség $(0,1 - 1) 10^{-26}$ részecske/cm³-nek adódik, míg a $2,7^\circ\text{K}$ hőmérsékleti sugárzás megfigyelt erőssége megfelel 10^{14} foton/cm³-nek. Látható, hogy a fotonok kb. 10^8 -szor többen vannak, mint az atomok. Ebben is rejlik a háttérsugárzás felfedezésének rendkívüli hordereje, de ehhez történetileg még járul egy fontos tényező. 1948-ban már előfordult egy utalás ilyen háttérsugárzás létezéséről, igaz, nem a kísérleti vizsgálat, a tapasztalat, a megfigyelés oldaláról, hanem az univerzum múltjának kérdését feszegető elméleti kutató, G. Gamow következtetett ilyen fotonháttérsugárzás létre. Akkor a mérés technika még nem volt abban a helyzetben, hogy ezt a megállapítást azonnal ellenőrizhesse. 1964 óta azonban a háttérsugárzás megfigyelése előtérbe hozta Gamow

elméleti meggondolásait is. Ezeknek az új eredmények fényében való átvizsgálása máris biztató elgondolásokat eredményezett, amikre még visszatérünk.

A harmadik tapasztalati eredmény, amely a kozmológia számára nagy kérdőjelet képvisel, az ún. héliumbőség. A héliumbőség azt jelenti, hogy a megfigyelések eredményeképpen a hélium-atomok (magok) gyakorisága az univerzumban magasabb, mint amiről számot tudnak adni a csillagfejlődésre (és ezáltal az elemek előállítására) vonatkozó elméleteink — amelyek jóságáról, vagy legalábbis türethetőségéről a tapasztalattal egyéb területen való összhang biztosít. Keresendő tehát egy olyan mechanizmus, ami ezt a túlzott héliumbőséget, héliumfelesleget magyarázni tudja.

Különösképpen a háttérsugárzás kérdése irányította a figyelmet a kozmológiára s legkiváltképp annak is arra a fejezetére, amelyben az univerzum tágulásáról, a tőlünk és egymástól távolodó extragalaxisokról van szó. Néhány mondat erejéig ki kell térnünk arra, hogy a távolodó extragalaxisokról és a táguló világegyetem elméleti modelljéről néhány megállapítást felidézzünk.

A világegyetem szerkezetére vonatkozóan azóta lehet tudományos igényű vizsgálatokat folytatni, amióta a Newton-féle általános tömegvonzás — földi és naprendszerbeli tapasztalatokon megedződött — törvényét Einstein a 20. század elején sikerrel kombinálta össze a tér és az idő geometriai-kronometriai tulajdonságaival és az anyag sajátosságaival.

Ezt az új gravitációelméletet az általános relativitáselmélet képviseli, amelyben először nyílt lehetőség arra, hogy elméleti úton vizsgálni lehessen előbb egyszerű, majd kicsit bonyolultabb anyageloszlású univerzummodelleket, és az így elméletileg megismert megállapításokat a megfigyelési technika adott lehetőségeinek keretén belül a tapasztalattal össze lehessen hasonlítani. Minél komplikáltabb a vizsgált fizikai rendszer, annál többször kényszerülünk ilyen indirekt útra, főleg akkor, amikor a kísérletezés lehetőségei a passzív megfigyelések elvégzésére korlátozódnak.

Az általános relativitáselmélet felállítása után pár évvel *Fridman* korszakalkotó felismerése nyomán megállapították, hogy egyszerű esetben az anyag által meghatározott, térben homogén és izotrop globális téridőnek három fajtája lehetséges. A téridő ebben az egyszerű esetben olyan speciális tulajdonságú, hogy lehetséges egy, az egész fejlődési folyamatra alkalmazható globális időfogalom bevezetése. Ebben az időben kifejezve, az univerzum két pontjának távolsága, ha tetszik, akkor az univerzum sugara, időben változik. E változásnak három típusát engedi meg a globális gravitációs tér viselkedését leíró Einstein-féle törvényszerűség:

a) az Univerzum egy ideig tágul, majd a tágulás megáll és összehúzódó szakasz következik (59. ábra)

b) az Univerzum folyamatosan tágul és tágul, a tér szerkezete zárt

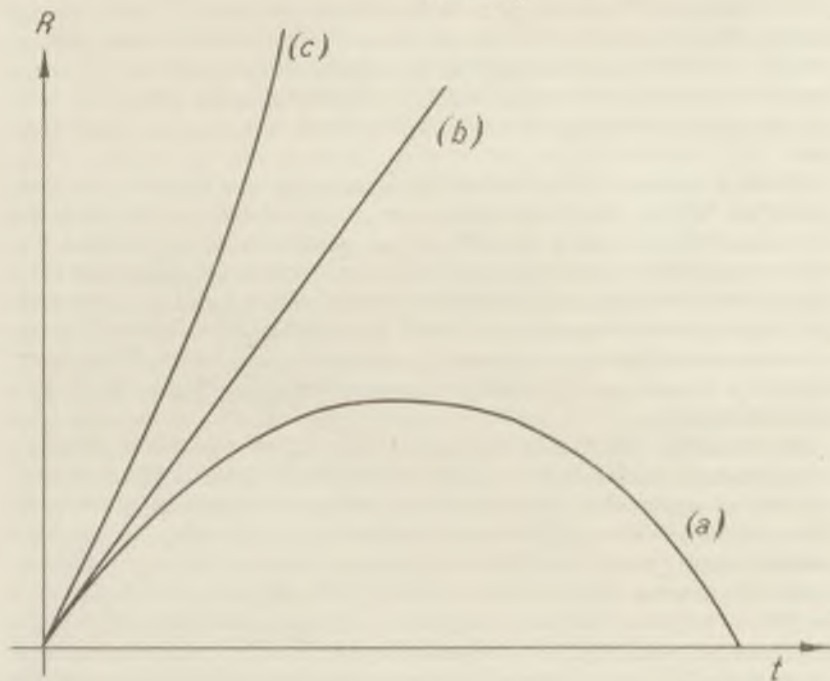
c) az Univerzum folyamatosan tágul és tágul, a tér szerkezete nyílt.

A tágulás mértékét pl. egy tőlünk a t_0 időpontban $R(t_0)$ távolságra levő objektum $R(t)$ távolodási sebességével lehet kifejezni: $V = \dot{R}(t) = H \cdot R$. Itt H egy arányossági tényező, amely megmutatja, hogy az R távolságban mekkora a távolodási sebesség:

$$H = \left(\frac{\dot{R}}{R} \right)_{t_0} = \frac{1}{T_0}.$$

Az a), b), c) típusok közti megkülönböztetést az $R(t)$ függvény menetének jellegére utaló

$$q_0 = - \left(\frac{\ddot{R}R}{\dot{R}^2} \right)_{t_0}$$



59. ábra.

menyiség segítségével lehet elvégezni. Eszerint

$q_0 > \frac{1}{2}$	a
$q_0 = \frac{1}{2}$	b
$q_0 < \frac{1}{2}$	c

Fridman felfedezésének az adott különös súlyt, hogy *Hubble* az extragalaxisok felmérése és színeképi osztályozása során ténylegesen megfigyelt egy tágulásra utaló jelenséget. A galaxisok színeképeiben mutatkozik és az egész spektrumra általánosan jellemzőnek adódik egy vörös felé irányuló eltolódás, amit távolodás okozta Doppler-jelenségként kell értelmeznünk:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{V}{c},$$

ahol $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$, λ_0 a földi laboratóriumban előállított színeképben, λ pedig a galaxis színeképében a megfelelő vonalak hullámhossza, c a fény terjedési sebessége, V a távolodó galaxis sebessége. Ebből az összefüggésből, ami egy-egy galaxisra jellemző

$$V = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

és ha a Doppler-jelenség, a távolodás okaként a tágulást jelöljük meg

$$V = HR = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda}.$$

Ezáltal Hubble megfigyelése a vöröseltolódás és a távolság között egy összefüggést állapít meg, amiből a H állandó reciprok értékére a jelenlegi adatok alapján

$$T_0 = (13 \pm 3) 10^9 \text{ év}$$

adódik. Nevezetes körülmény, hogy ez a T_0 ugyanaz minden galaxisra!

A Hubble-jelenség felfedezése igen öröndetesen kapcsolódik a Fridman-féle megállapításhoz. Következik belőle, hogy az univerzum ténylegesen tágul — most. A kozmológiai megfigyelésektől azt kívánánk, hogy a tágulási típust is ki lehessen választani az említett három lehetőség közül. Erre az $R(t)$ időfüggés megállapítása lenne szükséges.

Sajnos ez olyan bonyolult feladat, hogy az $\dot{R}(t)$ és $\ddot{R}(t)$ időfüggéseit akár az emberiség számára rendelkezésre álló idő sem tenné lehetővé. Szerencsére a q mennyiség nemcsak az $\dot{R}(t)$ -vel van kapcsolatban, hanem az univerzumban levő anyag mennyiségével is. Eszerint ha az anyagsűrűség most nagyobb, mint egy kritikus érték

$$\varrho > \varrho_{kr} = \frac{3}{8\pi G T_0^2} = 1,1 \cdot 10^{-29} \text{ g/cm}^3$$

(itt G a gravitációs állandó), akkor az a) típusú táguló majd összehúzódó oszcilláló univerzummodellel van dolgunk, ha viszont

$$\varrho \leq \varrho_{kr},$$

akkor a táguló és csak táguló univerzummodell jöhet szóba. Így elvben járhatóbb út is kínálkozik. Meg kell határozni az univerzumban fellelhető anyag (atomok, fény, neutrínók) mennyiségét. Ezek ismeretében lehet dönteni az univerzum nyílt vagy zárt, oszcilláló vagy csak táguló jellegére vonatkozóan. Ilyen vizsgálatok szempontjából is jelentős a foton-háttérsugárzás felfedezése. Anélkül, hogy itt ebbe az irányba kívánnánk fordulni, csak azt kívánjuk még megjegyezni, hogy a jelenlegi mérési adatok alapján úgy tűnik az oszcilláló modell már nem jöhet szóba.

Mindezek alapján tehát a tapasztalati tényekkel összhangban a következőket mondhatjuk. Ha az univerzum, a benne megfigyelt egymástól távolodó galaxisok tanúsága szerint tágul, akkor korábban még nem volt ennyire szétszóródott állapotban, stb. tehát e tágulási folyamatot visszafelé követhetjük, vagy ezt legalábbis megkísérélhetjük.

Ez a visszafelé tekintés azt mutatja, hogy az univerzum egyre sűrűbb és sűrűbb, mert egyre kisebb és kisebb térrészbe összenyomott állapotú volt. Az említett T_0 idődimenziójú állandó, amely minden galaxisra ugyanakkora, éppen egy olyan időpont kitűzésére alkalmas, amelyben a rendkívül komprimált anyag valahogy „felrobbant” és a tágulás kezdetét vette.

Ez az időben visszafelé pergetése az univerzum tágulásának első közelítésben azt eredményezi, hogy „kezdetben” az univerzum rendkívül kicsi, úgyszólván zérus kiterjedésű térrészre volt összezsúfolva, anyagának sűrűsége, nyomása, hőmérséklete pedig igen nagy, úgyszólván végtelen nagy volt. Nyilvánvaló, hogy a visszafelé extrapolálás ilyen messzeségbe kétséges, a visszapergetést ma addig érdemes csinálni, csak addig értelmes az extrém nagy sűrűségű és hőmérsékletű anyag történetébe belenyúlni, ameddig hihető, hogy a rendelkezésre álló ismert természettörvények megbízható tükröképei a természeti jelenségeknek. Nem feledhetjük el, hogy az ilyen vizsgálatnak mi a

célja, ezért még egyszer hangsúlyozzuk. A galaxisok megfigyelése, továbbá bizonyos atomfizikai, vagy elemi rész fizikai *tapasztalatok* alapján arra *következtethetünk*, hogy meglevő ismereteink segítségével egy elméleti modellt állíthatunk fel az univerzum fejlődéséről és szerkezetéről. E modell arra hivatott, hogy a természettudomány illetékes fejezeteinek Földön ellesett és kipróbált *alaptörvényei* segítségével *rendszerezék*, magyarázzák eddigi tapasztalatainkat és a modell helyességének — vagyis momentán hasznosíthatóságának — bizonyítékeként belőle olyan megállapításokra következtessünk, amelyek tapasztalati ellenőrzésére lehetőség van. E műveletsor folytonos ismétlése jellemezte eddig is a természettudományok történetét. Az univerzum ezen forró és sűrű állapotára való visszaextrapolálást, majd a tágulási folyamat lépésről lépésre történő követését szokás „a kozmikus ősrobbanás”, a „big bang”, „az univerzum forrón való keletkezése” címen emlegetni. Ennek az elnéletnek a kidolgozásában igen sokan vettek részt az idők folyamán. *G. Lemaitre, R. A. Alpher, G. Gamow, R. Hermann, O. Klein, H. Alfven, E. R. Harrison és R. Omnés* — hogy csak a legfontosabb lépések végrehajtóit nevezzük meg. Messzire vezetne az elmélet fejlődéstörténetét még csak felvázolni is. Ezért a modell legfrissebb változatát kíséreljük meg összefoglalni.

Az Univerzum korai állapotában az anyag igen nagy hőmérsékleten, igen nagy sűrűséggel volt jelen. Az anyagnak azt az állapotát választjuk ki kiindulásul, amelyikre feltételezhető, hogy eddig megismert fizikai törvényeink érvényesek. Feltehetjük, hogy az ősrobbanás után egy t^* idővel a még igen komprimált és forró anyag már termodinamikai egyensúlyban volt. A nagyfokú komprimáltság és magas energiataralom maga után vonja, hogy az anyag valamennyi elemi építőköve, az összes lehetséges elemi részek jelen vannak és egymással kölcsönhatásban állnak. A földi mérések szerint az erős kölcsönhatásban szereplő részek 10^{-23} sec, a gyenge kölcsönhatásban szereplők 10^{-21} sec élettartamúak. Ezért a termodinamikai egyensúly feltételezése néhány-szor 10^{-21} sec idővel az ősrobbanás után nem lehet rossz közelítés. Az elemi részek forró gázában az egy részecskére jutó energia nagyobb lehet, s itt nagyobb is, mint a részecske nyugalmi energiája. Ennélfogva a statisztikus mechanikának azt a képletét kell idéznünk, amely megmondja, hogy az m_0 nyugalmi tömegű

$$\varepsilon = (m_0^2 c^4 + p^2 c^2)^{1/2}$$

energiájú részecskékből adott T hőmérsékleten termodinamikai egyensúly esetén mennyi van egységnyi térfogatban:

$$U = \frac{g}{(2\pi)^3} \int_0^\infty f(\varepsilon) \varepsilon p^2 dp$$

és ez mekkora energiasűrűséget eredményez:

$$u = \frac{g}{(2\pi)^3} \int_0^\infty f(\varepsilon) \varepsilon p^2 dp.$$

Itt $f(\varepsilon)$ az egyes részecskefajták számára eloszlásfüggvény, fermionokra

$$f(\varepsilon) = \frac{1}{e^{(\varepsilon - \mu)/kT} + 1},$$

bozonokra

$$f(\varepsilon) = \frac{1}{e^{(\varepsilon - \mu)/kT} - 1},$$

k a Boltzmann állandó, μ a kémiai potenciál, g a részecskék spinjével és egyéb tulajdonságaival összefüggő paraméter.

Ez a körülmény azt jelenti, hogy itt egy súlyos feltevést vezetünk be: forró anyag viselkedését megkísérjük az ideális gázokra vonatkozó, bár relativisztikus, de mégis közelítő érvényességű fogalmainkkal leírni. Nyilvánvaló, hogy a rendkívüli nagy sűrűségek irányában egyre inkább elveszti jogosultságát ez a feltevés. Az elemi részek laboratóriumi vizsgálatából tudjuk, hogy ha a foton energiája 1 MeV fölé emelkedik, akkor a foton párkeltéssel elektron-pozitron-párt is létrehozhat. Hasonlóképpen ha a foton energiája 4 GeV = $4 \cdot 10^3$ MeV fölé emelkedik, akkor nukleon-antinukleon-párt hozhat létre. Ennélfogva világos, hogy adott T hőmérsékleten a termodinamikai egyensúly azt jelenti ebben a forró gázban, hogy az egyes részek a kölcsönhatási tulajdonságaiknak megfelelően vannak jelen. Más szóval közelítőleg azt mondhatjuk, annyi komponensű gázkeverékről kell beszélni egy adott T hőmérsékleten, ahány fajta elemi rész nyugalmi energiáját képes fedezni az egy részecskére jutó kT nagyságrendű átlagos energia. A relatív koncentrációkat azután a termodinamikai egyensúly törvényeiből lehet meghatározni.

Az így meghatározott gázkeverék energiasűrűségét és nyomását a

$$8\pi Gu = \frac{3}{R^2} (c^2 + \dot{R}^2)$$

$$\frac{8\pi G}{c^2} p = 2 \frac{\ddot{R}}{R} - \frac{\dot{R}^2}{R^2} - \frac{c^2}{R^2}$$

Einstein–Friedman-egyenletekbe helyettesítve megállapítható a hőmérséklet és az univerzum mérete, a hőmérséklet és az ősrobbanás óta eltelt idő közti kapcsolat. Ezen összefüggések ismerete jelenti azt, hogy a fejlődés nagy állomásait, jellegzetes szakaszait megtudjuk állapítani.

Ezeket a szakaszokat vagy korszakokat az éppen akkor döntő szerepet játszó elemi részecsről szokás elnevezni. A továbbiakban ezen futunk át.

Az ősrobbanást követő első időkben olyan sűrűségű és forróságú anyag van jelen, hogy mai tudásunk alapján vajmi keveset mondhatunk róla. Csak annyit, hogy egy erős kölcsönhatásban álló igen sűrű massa. Hogy többet mondhassunk, meg kell várni, míg az egy részecskére jutó átlagos energia valamilyen jellegzetes értékig csökken a tágulás és lehűlés következtében. Amikor a hőmérséklet mondjuk 1 GeV energiának megfelelő értékre csökken ($T \sim 10^{13}$ °K), a legnehezebb ismert elemi részek már a földi viszonylatban ismerős tulajdonságukkal kezdenek rendelkezni. Az anyag ekkor hiperonok, nukleonok, mezonok és antirészecskéik, valamint müonok, elektronok, neutrínók és antirészecskéik, továbbá fotonok formájában van jelen. A további tágulás és hűlés során pl. 350 MeV esetén az összetételről fogalmat adhatunk az alábbi kis táblázattal. Egy 10^{-13} cm oldalú kockában mintegy

1,4	foton
1	elektron
1	pozitron
2	neutrino
2	müon (μ^+ és μ^-)
0,7	pion (minden fajtából)
1,17	nukleon (minden fajtából)
1,17	antinukleon (minden fajtából)

található. Ennek a korszaknak a végét ott szokás megjelölni, amikor a legkönnyebb hadron a pion nyugalmi energiájának megfelelő hőmérsékletet éri el az univerzum a lehűlés során. Ez a 100 MeV energiával és a $T \sim 10^{12}$ hőmérséklettel jelölhető meg. Ez a korszak az ősrobbanás után $t = 10^{-4}$ másodperc múlva „ér véget”.

A következő korszak során a hőmérséklet 10^{12} °K-ról 10^{10} °K-re hűl le, ami azt jelenti, hogy az egy részecskére jutó energia 100 MeV-ről 1 MeV-re csökken. Ekkor az anyag legfontosabb részét a leptonok, az ún. könnyű elemi részecskék képviselik, az elektronok, müonok, neutrínók és antirészecskéik. Az igen nehéz részek erre az időre már jórészt elbomlottak és bomlástermékeik között természetesen jelen vannak a nukleonok és az antinukleonok. E korszak végére a neutrínók számára átlátszóvá válik az univerzum anyaga, ugyanis a sűrűség annyira lecsökken. Ezt a korszakot lepton korszaknak nevezhetjük, s ez az ősrobbanást követő 10 másodpercben ér véget.

Ekkor következik az ún. sugárzási vagy foton korszak. Nevét onnan kapta, hogy a tágulás és lehűlés folyamán az anyag leglényegesebb kölcsönhatási formája az elektromágneses kölcsönhatás lett, a nem

nulla nyugalmi tömegű részek jelenléte mellett a lényeges szerepet a fotongáz játssza. A tágulás és lehűlés ezen a meglehetősen nagy korszakban keresztül, amit az 1 MeV energiától az eV nagyságrendű energiákig számíthatunk, fontos folyamatok mennek végbe. Először megállapítjuk, hogy ez a korszak kb. 10^5 évig tart.

Másodszor; megállapítható hogy a foton-korszak elején a nehéz részek, a barionok és az antibarionok ugyanúgy jelen vannak, mint a leptonok és antileptonok. — A vizsgált modellben a leptonok és barionok a nagyon sűrű és forró elektromágneses sugárzás egy különleges megjelenési formájában részecske, antirészecske-párok alakjában vannak jelen. Lehetséges lenne azt is feltenni, hogy a nem nulla tömegű részek ezen a hőmérsékleti sugárzáson túlmenő arányban is előfordulnak, s ezáltal vagy a barion vagy az antibarion számban felesleg mutatkozik. Ennek taglalása messzebbre vezet, az univerzum fejlődésének nagy vonásait azonban nem módosítja. — A fotonkorszakban megkezdődik a részecskék és antirészecskék szétsugárzása. A legutóbbi időkben *R. Omnes* mutatott rá arra a lehetőségre, hogy még a hadronkorszakban az erős kölcsönhatásban résztvevő részecskék rendszerében előfordulhat egy fázisátmenet, amely a barionszámnak helyenként pozitív, helyenként negatív értékkel jellemzett tartományait alakítja ki a térben. Ez a fázisátmenet lehetne a kiindulópontja az anyag — antianyag szétválasztódásnak. A szétvált anyag-, ill. antianyag-szigetek a fotonkorszakban a szétsugárzást megkezdik. Minthogy a szétsugárzás nem egy-egy egyedülálló részecskepár, hanem nagyobb anyag-halmaz között indul be, a keletkező fotonok okozta sugárnyomás az anyag-, ill. antianyag-szigeteket egymástól eltávolítja. Ennek a folyamatnak a végeredményeképpen az anyag-, ill. antianyag-szigetek nagysága növekszik. Mire ez a rendeződés befejeződik, addigra részben az anyag szétválása, részben az univerzum tágulása miatt a nagy-energiájú fotonok számára az univerzum átlátszóvá válik, a fotongáz különálló egyensúlyi összetevőjévé válik, amelynek a sorsát a továbbiakban csak az univerzum tágulása szabályozza. Meg kell említeni, hogy a tágulás törvénye, ahogyan az említett Hubble-féle tapasztalat alapján is következik:

$$vR = \text{konstans.}$$

A függetlenné vált fotonsugárzásra pedig megállapítható külön is, hogy T hőmérséklete és az R távolságskála tényező között a

$$TR = \text{konstans}$$

összefüggés áll fenn. Könnyű most már belátni, hogy a függetlenné vált fotoneloszlás az egyensúly beállta után felvett Planck-féle eloszlását megtartotta, amiben ugyanis a v/T -mennyiség szerepel és ez az uni-

verzum R tágulási paraméterétől független. Ez az a foton-háttér-sugárzás, amit Penzias és Wilson megtaláltak és most $2,7^\circ\text{K}$ -nak megfelelő hőmérsékletű.

Mint említettük a fotonkorszak során az egy részecskére jutó átlagos energia az 1 MeV -tól az 1 eV tartományt futja be. Ennek során megkezdődik a nukleonok összeépülése is. Ennek a szokásostól — a csillagok belsejében, a csillagfejlődés során végbemenő folyamattól — eltérő mód az atommagok kialakulására, lehetővé teszi a már idézett héliumfelesleg problémakör tárgyalását és megválaszolását.

A sugárzási vagy fotonkorszak végére a szétsugárzás elől megmenekült anyag-, illetve antianyag-szigetekben a tágulás és a lehűlés eredményeképpen a nukleonok viszik a legfontosabb szerepet, az általuk képviselt tömegsűrűség $\sim 10^{-21}\text{ g/cm}^3$. A sugárzási korszak után az elektronokra és pozitronokra jutó energia elektronvolt nagyságrendű, ezért már javában folyik az atomok, sőt a molekulák kialakulása is! Azok az anyagszigetek, amelyek a sugárzási korszakban összeépültek, méreteikkel elérték a 10^{22} cm nagyságrendű kiterjedést és a 10^2 részecske/ cm^3 sűrűséget. Az új korszakban ezeké az anyaghalmazoké lesz az érdekes szerep. Minthogy ezek mérete a csillagászatban megfigyelt galaxisokéhoz hasonlít, a korszakot a galaxisok korának — egyes szerzők a csillagok korának nevezik, amely az ősrobbanástól 10^6 évvel veszi kezdetét és napjainkig tart.

Egy ilyen igencsak madártávlati áttekintés meglehetősen kevésbé képes betekintést nyújtani kozmikus múltunk összefoglaló vázlatának mélységébe, a felmerülő problémák sokrétűségébe. Mégis egy ilyen szintetikus összefoglalás első pillanatában felmerülő pozitív tényezőinek érdemes figyelmet szentelni.

A kozmikus fejlődés — egy igen rövid időszakot kivéve — felvázolható azoknak a törvényszerűségeknek a segítségével, amelyeket a Földön volt alkalmunk megismerni.

A különböző fizikai tudományágak: elemi részek fizikája, az általános relativitáselmélet kozmológiai modellje, magfizikai, atomfizikai és termodinamikai ismereteink alapján sikerül a jelenleg hozzáférhető tapasztalati tények közé aránylag homogén szerkezetű fejlődési modellt kiépíteni. Lássunk most néhány következtetést, ami a modellből folyik.

1. A kozmológiai kérdések egyik legalapvetőbb problémája az atomos anyag létének magyarázata. Erre ez a modell választ nyújt: automatikusan elvezet az anyag- és antianyag-halmazok kialakulásához (még akkor is, ha az ősrobbanás pillanatában csak a forró és sűrű hőmérsékleti sugárzásból indulunk ki). A tágulás — Hubble-effektus — és a háttérsugárzás tapasztalati adataihoz illesztve az atomos anyag mai sűrűségére a 10^{-30} g/cm^3 nagyságrendű értéket adja meg.

2. A sugárzási vagy fotonkorszakban az atommagok összeépülésének egy lehetőségére mutat rá, amivel a héliumfelesleg magyarázatára lehetőség nyílik.

3. A galaxisok korára olyan anyag és antianyag-halmazok jönnek létre, amelyekben a nukleonok (esetleg atommagok) és elektronok között az atomok kialakulása már megkezdődött. Ezeknek a halmazoknak a mérete az átlagos galaxisméret, anyagmennyisége a galaxisokéval egyező. Ezáltal az a kérdés, hogy miből épül fel, honnan szedi anyagát egy galaxis, rendeződött. A galaxisok formagazdagságának, maguknak a galaxisoknak a fejlődése kicsit újabb megvilágításban vetődik fel. Nem gravitációs instabilitás indítja őket útjára mint a szokásos, hagyományos elméletekben, hanem már a zérustól eltérő barionszámú halmazok szétválása a hadronkorszakban, ami az anyag-antianyag-szétválás során válik teljessé. A hagyományos kozmológiákban nagy probléma, hogy gravitációs hatások ilyen nagy objektumokat oly rövid idő alatt hogyan tudnak létrehozni. A hagyományos elméletek nagy nehézsége az is, hogy a galaxisok forgása igen nagy impulzusnyomatékot képvisel, amelynek eredetét nehéz magyarázni. Egy pl. a mi Tejútrendszerünk esetében ez az impulzusnyomaték $N = 1,5 \cdot 10^{74}$ gcm²/s. Az univerzum ősrobbanásos modellje a fentebb ismertetett felfogásban ezt úgy tudná megmagyarázni, hogy felteszi, a galaxis anyagának mindössze 10%-a a forgástengelyre merőleges síkban érintőleges irányból csapódott a többihez 1/10 c sebességgel.

4. A galaxisok anyagának az anyag-antianyag-szeperációból való származtatása magával hozza, hogy ugyanannyi rendes, mint anti-galaxis létét mondja az elmélet (ebben a változatában). Ebben az elméletben a kvazárokra, mint viszonylag kis méretű de galaxisként sugárzó objektumokra a következő elképzelés adódik. A kvazárok olyan anyagszigetek, amelyekben az össztömeg század- vagy ezredrészét kitevő antianyag van bezárva (vagy megfordítva). Az energiefelszabadítás mechanizmusa a szétsugárzás, ami a közös határfelület mentén egy aránylag vékony rétegben jön létre. E rétegben a részecskék és antirészecskék fotonokká és neutrínókká sugárzódnak szét. A fotonok sugárnyomása képviseli a szelepmechanizmust. Könnyű megállapítani, hogy mekkora részecske és antirészecske-áram kell ahhoz, hogy a kvazárok kívánt energiatermelését megkaphassuk. De az elképzelés javára szól, hogy egy ilyen mechanizmus még egy további tulajdonságát is magyarázza a kvazároknak. A keletkező fotonok fele először a kvazár belseje felé tart. De ott nagyobb a sűrűség, a beérkező fotonok egy része elnyelődik és fűti a kvazár centrális zónáját. A fűtött és kicsi centrális zónából kiinduló sugárzásnak pontszerű forrásból származónak és az ultrahelyében folytonosnak kell lennie — ami a tapasztalati tényeknek meg is felel. A fotonok másik fele kifelé indul. Itt a

ritkább anyagban a fotonok Compton effektussal elektronokat löknek ki a külső anyag atomjaiból és a kvazár külső héjában radiális irányban mozgó elektronok jelennek meg. Ez az elektronáram azután lecseng, ionizációt, fékezési sugárzást vagy ciklotronsugárzást okozva. Végeredményben ezek a kifelé tartó fotonok közvetve felelősek a kvazár rádiósugárzásáért.

A CSILLAGÁSZAT NÉHÁNY FILOZÓFIAI PROBLÉMÁJA

Csillagászat és filozófia sohasem idegenkedtek egymástól, hiszen bizonyos területeken célkitűzéseik is sokszor hasonlóak voltak. A filozófia végső soron mindig arra törekedett, hogy tudományos világnézetet nyújtson és a szó betű szerinti értelmében világnézetet megalapozó tudomány a csillagászat is, mert csillagászati tájékozottság nélkül nem is lehetnek valakinek helyes nézetei a „világról”, melynek a Föld csak parányi része.

Volt idő, amikor filozófia és csillagászat még nem is különültek el. Az ókori görög filozófia egyetemes tudomány volt, melyben a konkrét ismeretek hiányossága miatt nem választódtak szét a természettudomány szakági területei. A természettudományos ismeretek fokozatos felhalmozódásával azután a szaktudományok önállósultak, s így a csillagászat is kivált a filozófiából. A természettudomány és a filozófia különválása azonban nem jelentett szakadást, hanem kölcsönhatásuk, sokszor ellentmondásuk befolyásolta mind a természettudomány, mind a filozófia fejlődését.

A filozófia egészen a XIX. századig főként a természettudományos világkép további általánosításával jutott el az anyagi világ legáltalánosabb törvényszerűségeinek megközelítéséhez. A filozófiai világkép átalakulása rendszerint maga után vonta a természettudományos világkép átalakulását, ami viszont elősegítette az újabb tudományos kutatási eredmények helyesebb értelmezését. A filozófia és természettudomány ezen kölcsönhatásában jelentős szerep jutott a csillagászatnak.

A csillagászat ugyanis már az ókorban megkísérelte, hogy a tér- és időbeli tájékozódás, majd az asztrológia művelése céljából felhalmozódott megfigyeléseket a Világegyetem egységes magyarázatává rendszerezve, világképbe foglalja. A csillagászatnak a világ magyarázatára vonatkozó igénye a korabeli természettudományos ismereteket mintegy összefoglalta, a régebbi korokban ezért döntően a csillagászati világkép átalakulása befolyásolta a filozófiai világképet.

A geocentrikus világképpel, a Világegyetem középpontjában mozduatlanul álló Föld és az azt körülvevő véges tér eszméjével jól megfér a középkori skolasztikus filozófia biblikus világképe, mely helyileg is különválasztotta a földi anyagi és az égi nem anyagi, természetfeletti világot.

Kopernikusz heliocentrikus világképe, a Föld égitest és ezáltal a bolygók és holdak anyagi voltának felismerése már értelmetlenné tette az égnek mint a világ természetfeletti részének fogalmát, de még perdöntőbb érv volt a világ anyagi egységének felismerése felé vezető úton a földi testek és az égitestek közös mechanikai mozgástörvényeit feltáró newtoni mechanika, amely megalapozta a filozófia mechanikus materialista korszakát.

A csillagászatnak a Newton törvényein alapuló égimechanika ága, a XVII. és XVIII. században a bolygók pályájának pontos számításával, a fogyatkozások bekövetkezésének és az üstökösök visszatérésének előrejelzésével, a Neptunusz bolygó elméleti úton történő felfedezésével, kimagasló sikereket ért el. Newton bolygópálya-számításai elhárították a csillagászat tudományát az asztrológia áltudományos mezt öltött babonájától. Mindezek hozzájárultak a materialista világnézet megerősítéséhez.

Újabb nagy világképformáló sikert könyvelhetett el a csillagászat a XIX. században, amikor a szinképelemzés kimutatta, hogy a csillagléggörök és a földi természet azonos lényegűek és ezzel újabb adalékot szolgáltatott a világ anyagi egységéhez. Bár a mechanikus materializmus a világ anyagi egységét leszűkítve, csak azzal bizonyította, hogy a földi és az égitestek azonos atomokból épülnek fel — azóta tisztázódott hogy a világ anyagi egységét csak filozófiai szinten lehet megfogalmazni s a szaktudományok a maguk területén ezt csak indirekt módon bizonyíthatják —, az arisztotelészi quinta essentiának, a magasabb rendű égi szubsztanciának tényszerű cáfolata mégis nagyon fontos érvet jelentett a materialista filozófia számára.

Mindezen sikerek ellenére nem mindig a csillagászat adott fő indítékot a filozófiai világkép átalakulásához. A XIX. században a történeti-társadalmi fejlődés talaján létrejött a materialista filozófia modern tudományos formája: a dialektikus materializmus. A tudományos szocializmus megszületésével a filozófia már nemcsak a természet-tudomány, hanem a társadalomtudomány eredményeit is figyelembe vette és tárgyát kibővíthette a természet és társadalom, valamint az emberi gondolkodás, vagyis az objektív valóság legáltalánosabb lényegének kutatására. A filozófia története a XIX. század természet-tudományos felfedezései közül nem csillagászati eredményt, hanem a sejt felfedezését, az energia megmaradásának és átalakulásának törvényét, valamint a fajok keletkezéséről szóló darwini elméletet emeli ki,

mint a természettudomány olyan vívmányait, amelyek által a fejlődés és az egyetemes összefüggés gondolata behatolt a tudományokba és ezzel hozzájárult a dialektikus materializmus létrejöttéhez.

Igaz, hogy történeti sorrendben a természet változatlanságát hirdető skolasztikus világgéppel 1755-ben *Kant*, majd 1796-ban *Laplace* naprendszer-keletkezési elmélete került ellentmondásba. Ezeket az elméleteket később *Engels* is úgy értékelte, hogy a Világegyetemet órászervezethez hasonló mechanikus materialista felfogással szemben felvetették a természet időbeli fejlődésének gondolatát. Az első bolygó kozmogóniai elméletek azonban még csak mintegy hipotézis jellegű függelékei voltak a csillagászatnak, a történetiség eszméje általuk még nem hatolt be a természettudományba. Nagyobb jelentőségű volt ebből a szempontból *Darvinnak* a fajok eredetéről 1859-ben megjelent főműve, mert minden állítását megfigyeléseinek adataival támasztotta alá. *Marx* ezt írta erről *Engelsnek*: „Ez a könyv természettudományi alapot ad nézeteinknek”.

A csillagászatban azután a kozmogónia is továbbfejlődött, az újabb és újabb naprendszer-keletkezési elméletek mellett a csillagok keletkezésére is kidolgoztak elméleti feltevéseket. A jelen század negyvenes éveitől azonban a csillagászok többsége elméleti spekulációknak minősítette a kozmogóniai kutatásokat. Abban, hogy a változás, fejlődés gondolata a modern csillagászatot is áthassa, a filozófiának is szerepe volt. Főleg szovjet csillagászok, *O. J. Smidt*, *V. Feszenkov*, *V. A. Ambarcumján* és mások alkalmazták kutatásaikban tudatosan a dialektikus materializmus metodikáját, a jelenségeknek szakadatlan mozgásukban, változásukban, átalakulásukban való vizsgálatát, aminek eredményeként *Ambarcumján* tényszerűen kimutatta, hogy a csillagok keletkezése napjainkban is tart. A kozmogónia ezáltal túljutott a pusztá feltevéseken és módszere — a megfigyeléseknek a változások szempontjából történő értelmezése — általánossá vált az egész asztrofizikában. A mai csillagászat fő programjává a Világegyetem folyamatainak tanulmányozása vált.

Az egyes égitestek keletkezésének természetes okokkal magyarázata lényeges eleme a helyes természetszemléletnek, de ma már nem filozófiai probléma. A vallás sem követeli meg a hívőktől, hogy a jelenleg megfigyelhető égitesteket a közvetlen teremtés művének tekintsék. Éppen így nem filozófiai probléma most már a Föld világmindenségbeli helyzete, az égitestek anyagisége, vagy az a kérdés, hogy valamelyik konkrét égitesten lehetséges-e élet. A modern csillagászat filozófiai problémái a kozmológia területén jelentkeznek, ahol az újabb eredmények értelmezése ismét a filozófiával való együttműködést igényli.

A kozmológia mai problémái

A kozmológia a csillagászat azon ága, mely a Világegyetem nagybani szerkezetét, időbeli változásait, legáltalánosabb törvényszerűségeit az ún. világmodellekkel próbálja megközelíteni. A „modell” ebben a vonatkozásban tudományos elméletet jelent, mely matematikai formában — a modern elméletekben a relativitáselmélet gravitációs egyenleteinek a Világegyetemre alkalmazásával — írja le a Világegyetem téridőbeli tulajdonságait.

A világmodellek közül újabban kitűnt *Fridman* szovjet tudós által 1923-ban kidolgozott modellnek az a változata, mely szerint a jelenlegi Világegyetem ezelőtt tíz milliárd évvel egy rendkívül sűrű és igen magas hőmérsékletű anyag robbanása (az ún. „Nagy Ősrobbanás”) eredményeként jött létre és az idők folyamán tágulóban van, expandál.

Bizonyos megfigyelési adatok szerint ez a Fridman-modell jó összhangban van a tényleges Világegyetemmel. Egyik ilyen megfigyelhető tény, hogy a galaxisok egymástól nagy sebességgel távolodnak, az eddig megfigyelhető galaxisok összessége, a Metagalaxis valóban tágul. A másik az 1965-ben felfedezett háttérsugárzás, vagy más néven maradványsugárzás, amit *G. Gamov*, Fridman elmélete alapján már 1946-ban előre jelzett. (L. erről részletesebben Abonyi Iván cikkét). Harmadikként a hélium gyakoriságát említhetjük, mely ugyan nem megfigyeléseken, hanem számításokon és becsléseken alapul, de mai tudásunk szerint a Fridman-elmélettel magyarázható.

A Fridman-modell térben és időben végesnek írja le a Világegyetemet. E modellben a Világegyetem tere határtalan, de zárt önmagába visszahajló görbült tér, melynek térfogata véges számértékkel fejezhető ki.

A kozmológiai kutatások nagy eredménye, hogy most már nemcsak elméleti feltevésekre, hanem egyre több megfigyelési adatra támaszkodhatnak. A modern csillagászatnak számos új felfedezése (pl. a kvazárok, aktív galaxismagok) ígér újabb megfigyelési adatot a kozmológia számára. A csillagászat jelenlegi műszerei mintegy 8–10 milliárd fényévre terjesztették ki a kutatás határát. 10 milliárd fényév távolság azt jelenti, hogy onnan 10 milliárd esztendőre indult el az a sugárzás, melyet műszereink felfognak, vagyis „visszalátunk” a Világegyetem távoli múltjába. Műszereink teljesítőképességének növelésével remélhető, hogy meg fogjuk ismerni a Világegyetem hajnalát, jelenlegi állapotának születését.

A kozmológia eredményeivel kapcsolatban a következő olyan kérdések tehetők fel, amelyek a filozófiát érintik:

1. A világmodellek valójában az anyagi világ modelljei-e.

2. A galaxisok rendszere, a Metagalaxis azonosítható-e a Világegyetemmel. Bizonyíthatja-e a csillagászat a Világegyetem végtelenségét vagy végtelenségét.

3. Mit jelent a Világegyetem végtelensége.

4. A kozmológia problémái érintik-e a világ megismerhetőségét.

A következőkben ezekkel a kérdésekkel próbálunk foglalkozni.

1. A világmodellek modelljei lehetnek-e a „világ”-nak

Ez a kérdés már sok vitát kavart fel és a fogalmak tisztázatlansága félreértésekre adott alkalmat. Ha csillagász és filozófus vitatkoznak, akkor sokszor azért nem tudnak közös álláspontra jutni, mert a „világ” mást jelent a filozófus és mást a csillagász számára. További zavaró körülmény, hogy magában a csillagászati szakirodalomban is, a Világegyetem — vagy az ezzel rokonértelmű Világmindenség — kifejezést kétféle értelemben használják.

A csillagászok egyes esetekben a Világegyetem alatt értik a csillagászati kutatások által eddig megismert objektumok összességét, vagyis a Metagalaxist, valamint a természetnek egy olyan még ismeretlen területét, amelyre a Metagalaxisról nyert ismeretek várhatóan extrapolálhatók. Ebben az értelemben a „Világegyetem kora”, „Világegyetem kezdete”, a kozmológiai modellekben a $T = 0$ időpont valójában azt az időpontot jelenti, amikor a Metagalaxis, valamint a természetnek fent vázolt területe az anyag egy más formájából kialakult és csak egyszerű félreértés, mintha szakecikkekben kreacionista elképzelésekről lenne szó.

Más esetekben a csillagászok szerint a Világegyetem minden létező anyagot jelent, mert minden, ami létezik, a Világegyetemhez tartozik. A Világegyetemnek ez az értelmezése azonos a természeti anyag fogalmával, mellyel valóban csak az elképzelt, természetfeletti túlvilág állítható szembe. Ez az értelmezés, mely szerint a Világegyetem minden „anyagot” magába foglal, szintén nem helytelen, ha egy szakterületen polgárjogot nyert terminológiának tekintjük és alkalmazása nem terjed túl érvényességi körén.

Ilyen terminológia pl. a mikrofizikában „az anyag szerkezete” kifejezés. A fizikus ilyenkor nem magáról az anyagról állít valamit, hanem az anyagnak azt a formáját veszi figyelembe, amivel a mikrofizika foglalkozik: atomokat, elemi részecskéket, fizikai erőtereket. Ha megállapítja, hogy az anyag attribútuma a tömeg, energia, impulzus, impulzusnyomaték, nem vádolható azzal, hogy mindezt általában az anyagra, pl. a társadalomra, mint anyagi képződményre is vonatkoztatni akarja.

A csillagászatban a „Világegyetem anyaga” kifejezés jelenthet minden eddig felfedezett és még ezután felfedezendő égitestet a már ismeretekhez hasonló vagy ezektől alapvetően különböző csillagászati objektumot, anyagfajtát, ha ez az értelmezés — mint az előbb említett fizikai példában — nem lépi túl érvényességi körét, vagyis nem azzal az igénnyel lép fel, hogy a csillagászati kutatásokból az anyagi világ teljességére, magára az anyagra vonjon le következtetéseket.

Az anyag fogalma ugyanis a legáltalánosabb filozófiai kategória, a tudattól független, a tudatban visszatükröződő objektív valóság megjelölésére. Az anyagról általában nem valamely szaktudomány keretében, hanem csak filozófiai szinten állíthatunk valamit, mert egyik szaktudomány sem vizsgálhatja az anyagot mint olyat, hanem csak az anyag ilyen vagy olyan fajtáját. Ez alól a csillagászat sem kivétel, a csillagászati kutatások sem foghatják át az anyagi világ teljességét.

A csillagászat csupán azért keltetheti egyesek számára ennek illúzióját, mert annak a felfogásnak következtében, hogy „a Világegyetembe minden beletartozik” kutatási területe, programja és módszere a természettudomány valamennyi ágánál szélesebb. Nem szűkíti le a kutatást egy bizonyos konkrét anyagfajtára, hanem illetékességét kiterjeszti a Föld határain túli természet bármely anyagfajtájának minden rendelkezésre álló eljárással történő vizsgálatára.

Nem kétséges, hogy a csillagászat fejlődésével többféle objektumot, anyagfajtát, az anyag eddig még ismeretlen megjelenési formáit ismerhetjük meg, csak hogy mindez sohasem lesz más, mint a kimeríthetetlen anyagi világnak az adott időpontban rendelkezésünkre álló eszközökkel elérhető töredéke, csupán egyik aspektusa. Naan akadémikus (Észt SzSzK) szavaival: „A civilizáció bármely fejlődési színvonalán az ismeretlen végtelen óceánjában ismereteink csak véges szigetekskét fognak jelenteni. Mindig lesznek megoldatlan problémák és feltáratlan törvények, a megismerés útja véget nem ér.”

Magára az anyagra vonatkozó legáltalánosabb fogalmak és törvények feltárásáig a szaktudományok eredményeiből csak a filozófiai szintű általánosítás és absztrakció módszerével lehet eljutni. S minthogy az objektív valóságnak ilyen módon feltárható legáltalánosabb lényege nem vezethető vissza valamilyen leegyszerűbb alapanyagra és alaptörvényre, magát az anyagot tudományos elmélettel matematikai formában leírni, az anyagot „modellezni” elvileg lehetetlen. Tudományos elmélettel mindig csak az anyag valamely konkrét fajtájának tulajdonságait és viselkedését lehet megközelíteni.

A csillagászatnak lehet olyan célkitűzése, hogy nemcsak az anyag egyik ilyen vagy olyan, hanem bármilyen konkrét fajtáját vizsgálja, — ezt jelenti, hogy a Világegyetembe „minden” beletartozik —, de a konkrét anyagi rendszerek mind a maguk együttlétezésében, mind a

maguk genetikus egymásutániségában tartalmilag, minőségileg sokfélék, tulajdonságaikban kimeríthetetlenek, végtelenül gazdagok. A csillagászat célkitűzése tehát csak a megismerés véget nem érő folyamatában realizálódhat, egyre nagyobb területét fogja át a természetnek, de konkrét természettudományos ismeretek sohasem szólhatnak magáról az anyagról.

Vitathatatlan tehát, hogy a kozmológiai modellek nem lehetnek magának az anyagnak, az anyagi világ teljességének modelljei. Ezért a kozmológiai modellek önmagukban sem az anyagi világ végtelenségét, sem végességét nem bizonyíthatják.

A Világegyetem fogalmának a csillagászatban használatos kétféle értelmezését pontosabban így fogalmazhatjuk meg: 1. a Világegyetem jelenti a Metagalaxist, 2. jelenti mind a Metagalaxist, mind a csillagászati kutatások által a természetnek a Metagalaxison túli megismerhető részét, vagyis az egész Világegyetemet. Ebben a vonatkozásban a Metagalaxis a Világegyetem eddig megismert része, vagy más fogalmazásban a jelenleg megfigyelhető Világegyetem.

Sem az 1. sem a 2. féle értelmezés nem azonosítható magával az anyaggal.

A kozmológiában újabban egyes kutatók mérlegelik azt a lehetőséget, hogy nem kell-e a kétféle értelmezést egyértelművé tenni, nem tekinthetjük-e a Metagalaxist a Világegyetem egészének.

2. Metagalaxis és Világegyetem

A kozmológiában mindig probléma volt, hogy milyen viszonyban van a Világegyetem már ismert része az egész Világegyetemmel. Környezetünk tulajdonságainak minden határon túli kiterjesztése nem bizonyult járható útnak, mert különféle ellentmondásokra, paradoxonokra vezetett.

A Fridman-modell a térgörbülettel és az expanzióval feloldja ezeket a paradoxonokat és egyrészt bizonyos vonásainak a valósággal való összhangja, másrészt egyes megfigyelési adatok azt a lehetőséget is felvetik, hogy talán ez a modell az egész Világegyetemre alkalmazható.

Ilyen megfigyelési adat pl. hogy 9–10 milliárd fényéven túl kvazárokat már nem észleltünk, pedig mai műszereinkkel ennél távolabbiakat is kimutathatnánk, tehát úgy látszik ilyenek már nincsenek, a Metagalaxis nagy körvonalakban való megismeréséhez jutottunk el. Emellett a maradványsugárzás — legalábbis az eddigi mérések szerint — nagyfokú izotrópiájából azt a következtetést is le lehet vonni, hogy nincs okunk a Világegyetem izotrópiájában kételkedni, szükségtelen feltételezni, hogy a Világegyetem a távolabbi térségekben eddigi tapasztala-

tainktól eltérő, lényegesen másmilyen lehet. A Fridman-modellnek az egész Világegyetemre alkalmazhatósága esetén még azt a további következtetést is le lehetne vonni, hogy a kutatás nemsokára áttekinti az egész véges Világegyetemet és a jövő csillagászatára már csak a részletek kiaknázása és elmélyítése vár.

Az ilyen következtetések jogosultságát azonban a tudomány történetének tapasztalatai nagyon kétségessé teszik. A csillagászat is eljutott már néhányszor a teljes világmagyarázat látszatához, de a jövő fejlettebb tudománya mindig meghaladta a lezárhatónak vélt világképet.

Az ókori csillagászat színvonalán a ptolemaioszi világkép is magába foglalta az akkori fogalmaknak megfelelő egész Világegyetemet. De nem kell ilyen messze visszamenni a múltba. A XIX. század végén, és a XX. század elején a csillagászoknak a Tejútrendszer jelentette az egész Világegyetemet. Vitatták ugyan *Herschel* és *Kant* arra vonatkozó sejtéseit, hogy hátha a távcsövekkel észlelhető ködfoltok a Tejútrendszerhez hasonló távoli csillagrendszerek, de amikor az Androméda ködben egy szupernova lángolt fel, a vita egyelőre azok javára dőlt el, akik a „ködfoltokat” a Tejútrendszer objektumainak tartották. Az idő tájt ugyanis csak a nova-kitöréseket ismerték és csak később derült ki, hogy előfordulnak a novák kifényesedését messze felülmúló jelenségek is, melyeket szupernováknak neveztek el. Amíg a novák abszolút vizuális magnitúdója — 5 és — 11 magnitúdó közé esik, a szupernováké elérheti a — 20 magnitúdót is, vagyis a szupernovák átlagosan tízezerszer fényesebbek, mint a novák. Az Androméda-ködben felvillant szupernovát novaként értelmezve, annak abszolút fényességét tízezred-résziére becsülték. A feltételezett abszolút fényességet kombinálva a látszó fényességgel, az Androméda-köd távolságára a tényleges 2,8 millió fényév helyett százszor kisebbet, 28 000 fényévet kaptak, ami belül volt a Tejútrendszeren. Ebben a korban tehát a megfigyelések is „igazolták”, hogy a Tejútrendszeren túl nincsenek objektumok.

Semmivel sem indokoltabb a mai megfigyelésekből arra következtetni, hogy a Metagalaxison kívül nincsenek más objektumok, az anyagi világ kimeríthetatlensége csak a Metagalaxison belül nyilvánul meg olyan módon, hogy az itt található objektumok, részecskék, mezők paraméterei kimeríthetetlenek.

Amint csupán még a Tejútrendszer ismeretében fel lehetett tételezni a külső tejútrendszerek, a galaxisok létezését, éppen úgy lehetséges, hogy vannak még más metagalaktikák is. A csillagászatnak egyelőre nincs szüksége erre a feltevésre és az a gyakorlatilag helyeselhető álláspont, hogy korunk csillagászata nem veti fel más metagalaktikák létezését, még nem bizonyítja, hogy ilyenek nincsenek és nem is lehetnek.

A mai csillagászatnak is van azonban sok olyan fontos és megoldásra váró problémája, ami túlmutat azon, hogy mai világképünket

bármilyen szempontból lezárhatónak véljük. Megfigyeléseink ugyanis arra utalnak, hogy a nemrégén megismert új típusú égitestekben, a kvazárookban és az aktív galaxismagokban robbanásszerű változások során az atommag-energiát is messze felülmúló, szinte fantasztikus mennyiségű energia szabadul fel. A fizikusok és csillagászok számára egyelőre talány, hogy ilyen óriási mennyiségű energia termelésének mi lehet a mechanizmusa. Eddig még elfogadható magyarázatot nem lehetett erre találni. V. A. Ambarcumján a világhírű szovjet asztrofizikus ezért számol azzal a lehetőséggel, hogy az aktív galaxismagok és a kvazárok a természeti anyagnak a mai fizikában teljesen ismeretlen létezési formái, így nem is lehet semmi biztosíték arra, hogy ezen anyagfajtán az általunk eddig megismert fizikai törvények érvényesülnek. Úgy látszik tehát, hogy a Világegyetem folyamatai szempontjából nagyon alapvető fizikai törvényeket még ezután kell felfedeznünk, a Világegyetemről alkotott fogalmainkat jelentősen ki kell bővíteni és el kell mélyíteni.

Ez a lehetőség egymagában is meggyőzően mutatja, hogy a csillagászat jelenlegi fejlettségi színvonalának abszolutizálására irányuló törekvés éppen olyan helytelen, mint a múlt hasonló próbálkozásai. A Világegyetem semmilyen tulajdonságára sem tehetünk valamilyen „végső” kijelentéseket.

Ilyen elhamarkodott kijelentés lenne az is, hogy a Metagalaxis jelenlené a természetben megismerhető legnagyobb rendszert. A Metagalaxisnál „nagyobb” rendszerek azonban nemcsak oly módon lehetnek, ahogy Charlier képzelte a hierarchikus Világegyetemet. Ahogy az elemi részecskék világában sem ismerünk ezeket felépítő még parányibb részecskéket, de kölcsönhatásukban, egymásba alakulásukban megnyilvánuló szerkezetük miatt mégsem „végső” építőkövek ezek, könnyen lehetséges, hogy a nagy méretek végső korlátjának hiánya is más, meglepően új tulajdonságok felismeréséhez vezet.

A Fridman-modellből egyelőre biztonsággal csak az a következtetés vonható le, hogy a Világegyetem jelenleg megfigyelhető része a múltban sokkal sűrűbb és forróbb volt. Az, hogy ez a modell a Világegyetem egészére alkalmazható, még bizonyítva nincs. A Világegyetem — pontosabban fogalmazva az anyag gravitációs formája — téridőbeli végességét sem bizonyítja, hanem csak ennek lehetőségére mutat.

3. A Világegyetem végtelenségének problémája

Ezzel a kérdéssel már az 1961. évi Csillagászati Évkönyvben is foglalkoztunk. Kimeríteni ezt a témát ezúttal sem lehet, mert a végtelenségnek nagyon sokféle vonatkozása van.

Az anyagi világ végtelenségét a filozófia, az összes tudományok eredményeinek általánosításával bizonyítja. A világ végtelensége anyagiságában van, ami nem mennyiségi, hanem tartalmi végtelenséget, elsősorban korlátok közé nem szorítható minőségi sokféleséget jelent. A Világegyetem tér- és időbeli végtelensége ennek csak egyik mozzanata.

A véges és végtelen dialektikájából következik, hogy a végtelen csak végesekben, végesek által létezik, csak véges dolgokon keresztül nyilvánulhat meg. A végtelen nem lehet érzéki tapasztalat, közvetlen érzékelés tárgya. Minden ami a Világegyetemben konkrétan létezik, amely tapasztalatunk, megfigyelésünk tárgya lehet, szükségképpen véges.

Fentebb már tisztáztuk, hogy a Metagalaktika — konkrétan létező fizikai rendszer — nem azonosítható az anyagi világ teljességével. Ha a csillagászati kutatások kimutatják a Metagalaxis téridőbeli végeességét, ez magának az anyagi világnak végtelenségével semmiféle ellentmondásban nincsen.

A modern fizika is felismerte, hogy a téridőt a mozgó anyag tulajdonsága határozzák meg. A Metagalaktika időbeni végeessége lehetőségének kérdése ezért olyan formában merül fel a kozmológiában, hogy a Metagalaktika folyamatait a Nagy Ősrobbanásig vezetvén vissza, értelmetlennek tartják a Nagy Ősrobbanás előtti időről beszélni — legálábbis a Metagalaktika vonatkozásában —, mert valamilyen, a mozgó anyag folyamatain kívüli idő nincsen, s a Metagalaktika előtti anyagi formák és folyamatok na egyszerűen kívül esnek a kozmológia vizsgálódási körén. Időtartamok meghatározására valóban csak valóságos mozgásjelenségeket használhatunk fel, adott események minden egymásutánjának ezért meghatározott kezdettel kell bírnia. Lehetséges így, hogy a mozgó anyag gravitációs formája, a gravitációs erőter, melyet általában a mozgó anyag egyetemes tulajdonságának tételeznek fel, a maga létezésében éppen olyan korlátozott és viszonylagos, mint az anyag bármely más tulajdonsága és formája. *M. Cornforth* angol marxista filozófus mutatott rá arra, hogy a tér és idő, mint a mozgó anyag létformái abszolútak abban az értelemben, hogy elengedhetetlen feltételei a mozgó anyag bármely formája létezésének, de ez az abszolút jelleg csak konkrét, viszonylagos, mulandó téridő struktúrákon keresztül nyilvánulhat meg. Az anyagi világ végtelenségének egyik mozzanata a tér és időbeli végtelenség nem jelenti egy bizonyos, konkrét téridő struktúrának minden határon túli mennyiségi kiterjesztését. „A valóság — írja *Cornforth* — sok, előttünk még ismeretlen tér—idő formát fejleszthetett és fejleszthet ki, amely túl van azon a fizikai tér—idő rendszeren, amelyben mi magunk létezünk.”

Cornforth arra mutat rá, hogy a szaktudomány által vizsgált konkrét anyagforma tér- és időbeliségének tulajdonságait nem lehet átvinni a

tér—idő filozófiai kategóriára, melyek az absztrakciónak és az általánosításnak sokkal magasabb szintjei, mint az egyes szaktudományok hasonló fogalmai.

Mindezek ellenére a véges és végtelen fogalmainak dialektikus egy-
sége a csillagászat vagy más szaktudomány számára is lehetővé teszi
a végtelen felismerését. Amint a mikrofizika az elektron tulajdonságai-
nak kimeríthetetlenségében találkozik a végtelennel, a csillagászat is
az általa kutatott végesben, végesek sorában képes megismerni az
abban is megnyilatkozó végtelent. A végesekben megnyilvánuló vég-
telen azonban csak elméleti úton tárható fel. Például a Fridman-
modell jól megközelíti a Metagalaktika fejlődésének egy bizonyos
szakaszát, tehát tükröződnek benne a valóság egyes vonásai. Meg-
nyilatkozik ezért benne a végtelen is. Ez a modell ugyanis véges
számmal jellemezhető térfogatúnak, de határtalannak írja le a Világ-
egyetemet. A határtalanság pedig egyik vonatkozása, egyik válfaja
a végtelenségnek.

4. Megismerhető-e a világ?

Az anyagi világ tartalmi jellegű, minőségi sokféleségben megnyil-
vánuló végtelenségéből arra a következtetésre is el lehet jutni, hogy
mindaz, amit a csillagászat évezredek erőfeszítése során megismertünk,
bolygók, csillagok, galaxisok, melyeknek összességét világ-,mindenség-
nek” neveztük el, csupán egyik véges és mulandó megjelenési formája
a kimeríthetetlen anyag minőségi sokféleségének.

Felvetődhet ezzel kapcsolatban az a kérdés, hogy lehetséges-e a világ
megismerhetőségéről beszélnünk. Ez az ellentmondás csak látszólagos.
A világ megismerhetősége ugyanis nem azt jelenti, hogy erről valaha is
múlt időben beszélhetünk, hanem azt, hogy a megismerés útjában
nincs semmiféle leküzdhetetlen elvi akadály vagy korlát, nemcsak az
anyagi világ végtelen, de véget nem érő folyamat a megismerés is.

Az anyagi világ tartalmi jellegű, minőségi sokféleségét pedig nem a
mechanikai jellegű struktúrák mintájára kell elképzelnünk. A Meta-
galaxis nem úgy szigetecske az ismeretlen végtelen óceánjában, hogy
mellette még számtalan másféle sziget, az anyag előttünk megismer-
hetetlen formáiból létrejött „világegyetekem” emelkednek az ócéánból
és ezek között nincsen semmiféle kapcsolat. Az anyag minőségileg
különböző megjelenési formái nem egymástól elkülönítve nyilvánulnak
meg, hanem éppen ellenkezőleg, az anyag különböző formái, állapotai,
sajátosságai összefüggnek, kölcsönösen hatnak egymásra, szükség-
szerűen átalakulnak egymásba és eközben újabb és újabb anyagi
jelenségek keletkeznek. Az elemi részecskékben pl. az anyag minőségileg
más megjelenési formáját jelentik mint az égitestek. Az elektron vagy

a proton nem merev golyócskák, nem miniatűr másai a bolygóknak, mozgásuk az égimechanika alapján nem tárgyalható, hanem erre új tudományt kellett alkotni, a kvantumelméletet, mely a mikrorészecskéket folytonos egymásba való átmenetükben vizsgálja. De a szubatómáris fizika és a csillagászat mégsem egymástól elszigetelt tudományok, hanem egymással összefüggének és a tudomány fejlődésével egyre szorosabban. A csillagászat először a csillagok energia-termelésének magyarázatánál alkalmazta a mikrorészecskék egymásba alakulásának feltételezését, ma pedig már ide jutottak a kozmogóniai és kozmológiai elméletek is. (I. Abonyi Iván cikkét).

Az anyag gravitációs formája a Metagalaxis, csupán egyike az anyag megjelenési formáinak, de ez nem korlátja, hanem perspektívája megismerésiünk fejlődésének. A dolgok egyetemes kölcsönhatása, az anyag formáinak egymásba alakulása teszi lehetővé, hogy megismerjük az anyagnak azt a formáját, amely a Metagalaxis kialakulását a „Nagy Ősrobbanást” megelőzte, ami lényegesen előbbre fogja vinni mind a csillagászati, mind a fizikai kutatásokat. Az anyagi világ, amit a tudomány kutat, végtelen, de ugyanekkor semmi olyant nem tartalmaz, ami elvileg hozzáférhetetlen lenne az emberi megismerés számára.

Csillagászat és filozófia kölcsönviszonya

A csillagászat egykor része volt a filozófia egyetemes tudományának. Arisztotelész nézeteit például csak utólag lehet szétválasztani csillagászatra, a természettudomány más ágaira és filozófiára. A csillagászat a XV. és XVI. században kivált a filozófiából és mint szaktudomány kialakította az égitestek mozgásával foglalkozó égimechanikát és az égitestek helyzetét vizsgáló pozíciós asztronómiát.

A modern csillagászat azután megkezdte maguknak az égitesteknek, a Világegyetem anyagának mindenféle szempontból való vizsgálatát és már eddigi eredményei is kapcsolatba hozták a természettudomány területeivel, amit az is mutat, hogy a korábban „földi” természettudománynak kinőttek a kozmikus hajtásai, mint pl. az asztrofizika, exobiológia, asztrobotanika, kozmikus kémia, kozmikus geodézia, összehasonlító planetológia. A csillagászat és a más szaktudományok e határterületein megfelelő szakképzettségű tudósok vesznek át a csillagászat-tól bizonyos kutatásokat. Az űrkutatás előtt pl. a Hold felszínének tanulmányozása kizárólag a csillagászok hatáskörébe tartozott. A hold-közetek laboratóriumi vizsgálatát azonban már nem csillagászoknak, hanem ásványtani és kőzettani szakembereknek kell elvégezniük. A holdrengések elemzése a szeizmológusok, a földrengéskutatók feladata. A Hold és a bolygók belső szerkezetét geológusokkal együtt-

működve lehet megismerni. Az asztrofizika kezdetben csak olyan kapcsolatban volt a fizikával, hogy a fizika törvényeit alkalmazták a csillaglégkörök állapotjelzőinek vizsgálatára. Ma már azonban sokszor nehezen lehetne elhatárolni, hogy a Világegyetem folyamatainak tanulmányozása során felvetődő kérdések megoldására a csillagászat vagy a fizika illetékes. Sokszor mondjuk, hogy a Világegyetem a fizikus nagy kutatólaboratóriuma. Ha majd a Mars-szondák és később a Mars-expedíciók megismertetik velünk a Mars feltételezett élővilágát, a Mars kutatásába belépnek a biológusok is.

Távoli perspektívában pedig a természettudomány fokozatosan elveszti geocentrikus jellegét és kozmikus tudománnyá válik. A Föld és a Világegyetem viszonylatában ugyanis a Világegyetemi nem a Föld kiegészítője, hanem a Föld parányi része a Világegyetemnek, még inkább a tágabb értelemben vett Természetnek, melybe minden létező beletartozik. Idővel a biológia a Világegyetemet benépesítő élet tudománya lesz, melynek egyik fejezete lesz a földi élet. A geológia, lehetséges, hogy elnevezésében megtartja a Földre utaló „geo” szócskát, de bele fog tartozni a bolygók és holdak belső szerkezete. A fizika és az asztrofizika szerepet cserélnek. Az asztrofizika lesz az általános fizika és ennek egyik fejezeteként tárgyaljuk majd, hogy az általános fizikai törvények a sajátos földi körülmények között milyen speciális formában léteznek.

A természettudománynak ez a várható fejlődése oda fog vezetni, hogy más égitestek felszínének, légkörének, belső szerkezetének, élővilágának, fizikai állapotának vizsgálata kiválik a csillagászatból, a Földön kívüli természet jelenlegi egyetemes tudományából — arra a szükségszerű folyamatra emlékeztetve, ahogy hajdan megismosodó szaktudományok kiváltak a filozófiából. Hogy mi marad meg a csillagászatból, — így nem is lehet feltenni a kérdést, mert nem a mai csillagászat „maradványáról” van szó. A kérdést inkább úgy kellene feltenni, hogy milyen lesz a jövő évszázadok csillagászata. De erre a kérdésre sem lehet felelni, mint ahogy Galileinek sem lehetett fogalma a modern csillagászatról. Annyi azonban bizonyos, hogy a jövő csillagászata nem az egyes égitestek konkrét természeti jelenségeinek, hanem a Világegyetem legáltalánosabb, legalapvetőbb törvényszerűségeinek tudománya lesz, talán a mai kozmológiára fog leginkább hasonlítani. S ahogy a kozmológia mai problémáit sem lehet megoldani a filozófia segítségével, a mainál általánosabb jövőbeni csillagászatnak még szorosabb szövetségre kell lépnie a filozófiával.

Úgy is mondhatnánk, hogy a közös bölesőből származó csillagászat és filozófia a jövőben magasabb szinten újra találkozni fognak, de kooperációjuk nem fogja azt jelenteni, hogy a csillagászat beleolvad a filozófiába. A csillagászat, mint a természeti anyag általános tudománya is

megmarad — bár rendkívül nagy területet átfogó — szaktudománynak, de fontos adalékokat fog szolgáltatni a filozófiának az anyagi világ lényegére vonatkozó tudásunk elmélyítéséhez és eredményei a filozófiai szinten történő további általánosítással válnak majd a jövő tudományos világgképének elemeivé.

KORSZERŰ SZPUTNYIKFÉNYKÉPEZŐ TÁVCSÖVEK

1. Bevezetés

1957. október 4-ével nemcsak a Föld első mesterséges holdja született meg, hanem egy új tudomány, az űrkutatás is, amely egy klasszikus tudományágnak, a csillagászatnak is lökésszerű továbbfejlődését eredményezte. De nemcsak az „égi tudomány”, hanem a hagyományosan „földi” geofizika és geodézia is rendkívül hasznos segítőtársakat kapott a mesterséges holdak személyében, sőt utóbbinak kialakult egy új ága, a szputnyik-geodézia vagy kozmikus geodézia. Ez természetesen azt jelentette, hogy ezen tudományágak műszerei között is új berendezések, új műszercsaládok jöttek létre. Így jelentek meg a csillagászat már klasszikusnak nevezhető műszerei, a távcső és a geodézia teodolitjának utódaként a speciálisan mesterséges égitestek megfigyelésére szolgáló követőtávcsövek, kamerák és szputnyikteodolitok.

Jelen cikkünkben ezek közül a korszerű szputnyikfényképező kamerákat ismertetjük (melyeknél az objektív, ill. belépőnyílás nagyobb mint 200 mm).

2. Mesterséges holdak megfigyelése

A szputnyikokat nemcsak mint aktív mérő-, kutató-berendezéseket lehet felhasználni, hanem mozgásukat megfigyelve és rögzítve „passzív életük”-ből (vagyis amikor telepeik már kimerültek, műszereik és rádióadóik nem dolgoznak) is fontos és értékes tudományos eredmények nyerhetők.

Az optikai megfigyelő feladata az égitest pozíciójának és a hozzá tartozó időpontnak a feljegyzése. A pozíció mérését vagy az észlelő műszeren levő skálák állásának leolvasásával és rögzítésével (azimutális felállítású, vizuális szputnyikkövetésre szolgáló távcsöveknél), vagy az égi háttéren a környező és ismert koordinátájú csillagokkal együtt történő fotografálás segítségével lehet elvégezni (azimutális és parallaktikus szerelésű fotografikus holdkövető kameráknál). Az időpont rögzítését pontos órák számlapjainak fényképezésével (fotokro-

nográf), vagy forgó korongok állásának lenyomtatásával (nyomtató-kronográfok) oldják meg úgy, hogy ezeket a műszereket szinkronizálják egy nemzetközi időjelző szolgálat jelzései alapján.

A fentebb említett vizuális és fotografikus megfigyeléseken kívül az optikai mesterséges hold követés csoportjába tartozik a lézeres észlelés is. A lézer távcsövek segítségével igen pontosan mérhető a megfigyelő és a mesterséges hold távolsága is.

A megfigyelések célja meghatározni, illetve javítani a mesterséges holdak pályaelemeit (azaz a pályára jellemző adatrendszer). Elvileg a pálya öt térbeli pontjából ezek már megkaphatók, de általában több észlelést használnak fel és speciális módszereket alkalmaznak (4). A pályaelemek változásait vizsgálva tanulmányozhatók a változásokat előidéző okok. Így egyrészt vizsgálható a Föld gravitációs potenciálja, megállapíthatók a potenciál zonális és tesszerális harmonikusainak együtthatói, a Föld pontos alakja és méretei, pontosíthatók adott földi megfigyelő állomások koordinátái, összeköthetők geodéziai hálózatok, kialakítható egységes, az egész világra kiterjesztett hálózat, megvalósítható izolált pontok (szigetek, hajók) pontos bemérése; másrészt meghatározható a Föld felsőlégkörének szerkezete, összetétele (150–2500 km), valamint a napszaktól, évszaktól és a naptevékenységtől függő változásai (1, 2, 4). A nagypontosságú lézer-mérések felhasználásával lehetséges lesz a földforgás egyenletlenségeinek vizsgálata és a földkéreg horizontális elmozdulásának tanulmányozása is.

3. A fotografikus kamerák általános tulajdonságai

A szputnyikmegfigyelő műszerek egyik nagy családját képezik a különféle fotografikus kamerák. Rendeltetésük, mint az előző pontban már említettük, a mesterséges égitest lefényképezése a csillagos éghatárban, lehetőleg a szputnyikról is és a csillagokról is pontszerű leképezést kell elérni, valamint rögzíteni kell a hozzájuk tartozó időpontokat. Az ilyen kameráknak, amelyek speciális tervezésű és összeállítású csillagászati távcsövek, követniük kell a gyorsan mozgó mesterséges holdakat is (a csillagok látszó napi mozgásának sebessége kisebb mint $0,004^\circ/\text{sec}$, a szputnyikok sebessége viszont általában $0,1 - 2^\circ/\text{sec}$ között van, ami azt jelenti, hogy a megfigyelő égboltján 30–1,5 perc alatt futnak végig). Ezenkívül rögzíteniük kell a fotolemezen vagy filmen a halvány holdakat is ($6 - 12^m$) és nagy látószöggel kell bírniuk ($5 - 30^\circ$), mivel az előrejelzések a szputnyikok efemeridáit (a megfigyelés időpontjában várható koordináták) csak ilyen pontossággal adják meg, tekintve a szükséges gyorsaságot és a bizonytalanul változó tényezőket.

A csillagok pontszerű leképzése nem okoz problémát, mert vagy a távcső rendelkezik óragéppel, vagy viszonylag rövid expozíciót alkalmaznak, amely alatt elmozdulásuk még kicsi ($< 3-4''$, $1/5-1/4$ sec). De ezen rövid idő alatt a mesterséges hold már $72-1800''$ -t mozdul el (ez utóbbi, a holdátmérő nagyságrendje), azaz csíkot húz a fényképező lemezen. Ezt a vonalnyomot tulajdonképpen semmire sem tudjuk használni, mert nem ismerjük, mely időpontban hol tartózkodott a szputnyik. A konstruktőrök az ún. forgózárrel segítettek ezen, amely általában egy fémlap, amelyet a fókuszsíki előtt elmozdítanak, ismert pillanatban megszakítja az expozíciót, s ezzel a mesterséges hold nyomát például ilyen formán — — — — — vagy ha a fémlap közepén egy réssel van ellátva, akkor a következő nyomot kapjuk — • — • — külön berendezés segítségével (pl. fotokronográf) a részekhez vagy a pontokhoz tartozó időadat rögzíthető 0^s001-0^s0001 pontossággal.

Ahhoz, hogy a halvány mesterséges holdak is fotografálhatók legyenek, illetve, hogy kimérhető nyomot hagyjanak a fényképező anyagon, nagy fényerejű, azaz nyílászviszonyú kamerákat kell tervezni. Egy másik lehetőség a gyenge fényű szputnyikok fényképezésére, hogy kompenzálják a mesterséges hold elmozdulását a filmhez, illetve lemezhez képest: vagy az egész távcsövet, vagy csak a lemez-, illetve filmtartót mozdtítják el a fókuszsíkiiban. A mozgás sebességét előre be lehet állítani és megfigyelés közben szabályozni. A kamera jellemző adata, a határmagnitúdó, a leghalványabb adott sebességű szputnyik fényességét jelenti, amely még értékelhető nyomot ad.

A megfigyelő egén a mesterséges hold közelítőleg gömbi *kiskör* mentén mozog (nem pontosan, mert az észlelő a Földdel együtt elfordul). Ahhoz, hogy ezt a mozgást a távcsővel pontosan kövessük, a szokásos két tengelyt még két újabbal kell kiegészíteni (4 tengelyes kamera). Ha megelégszünk egy gömbi *főkör* mentén történő követéssel, elég 3 tengelyes műszert építeni. Ilyenkor a látszó pálya meghatározott, rövid szakaszán ($10-20^\circ$) észlelnek, míg a 4 tengelyes esetben — egyéb korlátozó tényezőktől (pl. refrakció) eltekintve — a pálya legnagyobb részén ($60-120^\circ$).

A vizuális vezetés és ellenőrzés céljából a kamerákat követő és kereső távcsövekkel látják el. A csillagászati vezető távcsövekhez hasonlóan a főtávcsővel, azaz a kamerával párhuzamosan szerelik fel őket, de azokkal ellentétben a kamera és a kereső távcső tengelyeinek síkjára merőleges síkban elforgathatók, ún. előzési szög állítható be. Ezzel eléri, hogy a mesterséges hold előbb lép be a kereső látóterébe, mint a kamerába és így van idő felkészülni a felvételre, illetve korrigálni az egész berendezés állását, hogy a hold lehetőleg a képmező közepén haladjon keresztül.

A geofizikai feladatok (felsőlégkör tanulmányozása) végrehajtásához ugyan általában elégségesek kisebb pontosságú észlelések (pozícióban 0,5–6' és időben 0,1), de a geodéziai problémák megoldásához már nagy pontosságra van szükség (pozícióban 1''–4'' és időben 0,001–0,0001) [3,4]. Ennek érdekében nagy felbontóképességű kamerákat építenek, jó leképzésű optikával és nagy pontosságú kinérőkészülékeket alkalmaznak, amelyek segítségével a mesterséges hold és a csillagok nyomai mikron vagy tizedmikron pontossággal mérhetők ki. A továbbiakban áttekintjük, hogyan valósították meg az egyes konkrét berendezések esetében a gyakorlatban, a felsorolt követelményeket. A könnyebb áttekinthetőség és összehasonlíthatóság kedvéért táblázatos formában is összefoglaltuk a tárgyalásra kerülő szputnyikkövető kamerák legfőbb jellemzőit (ld. a cikk végén).

4. Baker-Nunn kamera

1955–57 között dolgozták ki az első, speciális mesterséges holdak fényképezésére szánt, nagy pontosságú követő kamera típusát (60. ábra). 1958-ban a Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO) 12 állomásból álló hálózatot hozott létre és szerelt fel ilyen Baker-Nunn kamerákkal (az állomások számát később tovább bővítették), (IX. táblázat).

A hálózat feladata mesterséges holdak fotografikus megfigyelése:

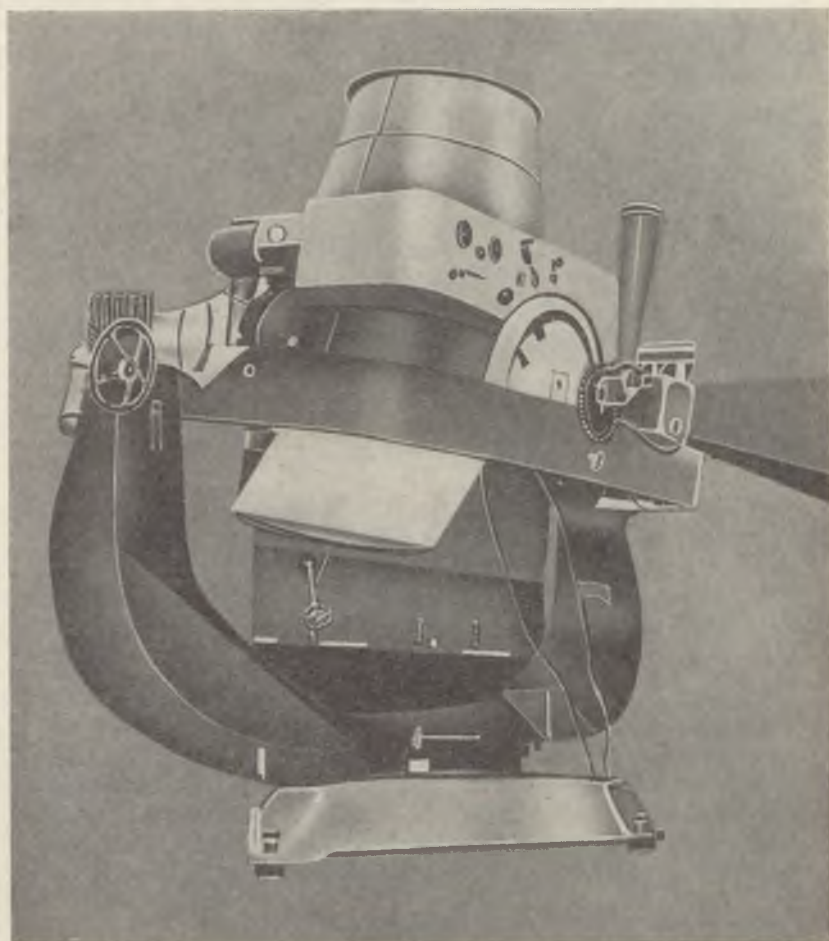
- felsőlégkör sűrűségi vizsgálatokra (600 km-nél alacsonyabb peri-geumú, lehetőleg gömb alakú, valamint ballon-holdak);
- a Föld gravitációs terének tanulmányozására (nagy számú, különböző inklinációjú, középmagasságban keringő hold – 1000–2000 km –);
- geodéziai célokra szinkron megfigyelések végrehajtása (aktív és passzív geodéziai holdak, GEOS típusúak és a P(AGEOS)).

Ez az állomáshálózat már 14 éve folyamatosan működik és hatalmas mennyiségű és nagy tudományos értékű fotografikus anyagot gyűjtött össze.

A Baker-Nunn kamera 3 tengelyes, azimutális felállítású táveső. A harmadik, ún. pálya-tengely körül forgatva (sebesség 0–2°/sec), főkör mentén képes követni a mesterséges holdat.

A műszer magassága eléri a 3 m-t, súlya mintegy 3000 kp. A követés automatikusan történik, de kézi mozgatás is lehetséges, ha a megfigyelő a kis lencsés követő távesővön keresztül figyeli a mesterséges holdat.

A kamera optikája kissé módosított szuper-Schmidt rendszer, a főtükör átmérője 750 mm, fókusz távolsága és a belépőnyílás (korrekciós rendszer) átmérője 500 mm, ebből következik, hogy fényerőssége igen



60. ábra. A Baker-Nunn kamera, az első speciálisan mesterséges holdak fotografikus megfigyelésére kidolgozott berendezés

nagy (1). A fókuszfelület szférikus, ezért a fotografáláshoz használt 55 mm széles filmet rá kell szorítani erre a felületre. A szputnyik nyomának megszakítását a fókusz sík közelében elhelyezett forgózárrel végzik.

Az idő rögzítése korábban 0,001 pontossággal történt, de 1965–66-ban új kvarcórákat állítottak szolgálatba, melyekkel már 0,0001 névleges pontosság érhető el.

A kamera látómezeje a hold mozgásirányában igen nagy (30°), mert az előrejelzésekben ez a bizonytalanabb irány, míg erre merőlegesen csak 5° (ilyen megoldást alkalmaztak a szovjet VAU kameránál is, ld. 9. pont).

A felvételek precíziós kimérésével pozícióban $2-3''$ pontosság érhető el. A távcső nagy fényereje és az automatikus követés igen halvány mesterséges égitest fényképezését teszi lehetővé. 20^s -os expozícióval 12^m holdról lehet felhasználható nyomot kapni.

A Baker-Nunn kamera hálózat megfigyeléseinek feldolgozásából határozták meg a felsőléggör különböző modelljeit, valamint részben a standard Föld modelljét (SAO Standard-1966). Ez utóbbi a hálózat állomásainak koordinátáit $10-20$ méternyi pontossággal adja meg, valamint a Föld gravitációs potenciálja zonális és tesszerális harmonikusainak együtthatóit 14. ill. 15. nagyságrendig. Az eredmények elérésére 160 000 észlelést dolgoztak fel.

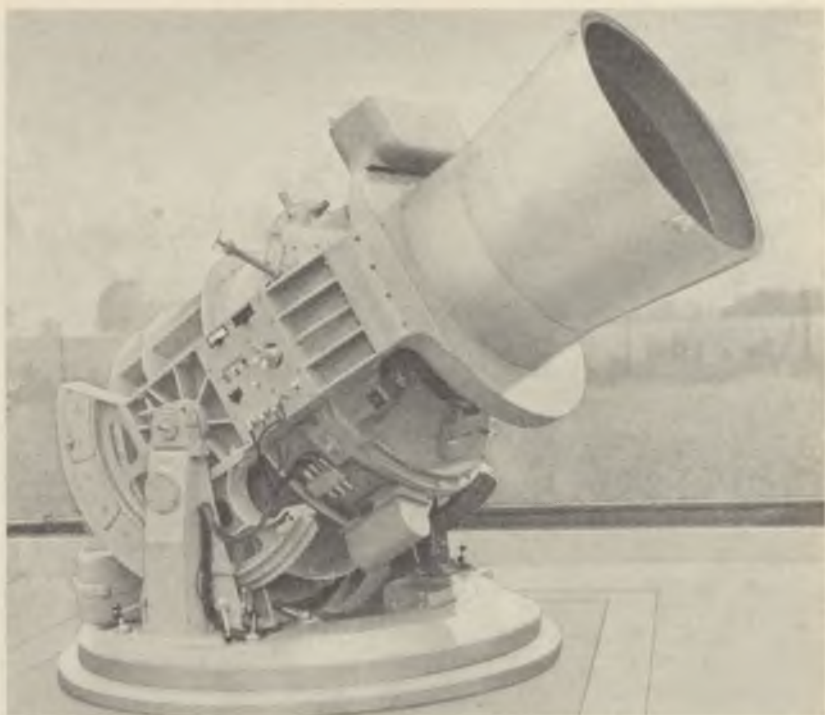
5. Hewitt kamera

A világ jelenleg is legnagyobb, nem követő típusú kameráját 1962–63-ban, Angliában építették meg. Ez a Hewitt kamera formájában és méreteiben is hasonlít a Baker-Nunn kamerához, de lényeges különbség, hogy a berendezés a szputnyikok megfigyelése közben álló helyzetben van, mivel csak 2-tengelyes, azimutális alapra szerelték. Ezért gyorsabb holdak észlelésére egy 3-tengelyes kereső-követő távcsövet alkalmaznak, amely követve a szputnyik mozgását, speciális érintkezők segítségével nyitja a kamera zárszerkezetét, amikor a hold annak 10° -os látómezejébe jut. (61. ábra)

A Hewitt kamera optikai rendszere szintén szuper-Schmidt, de korrekciós lemeze egyszerű aszferikus lencse. A tükör átmérője 850 mm, a belépőnyílás és a fókusztávolság egyaránt 600 mm, tehát a távcső fényereje szintén 1. A fókuszfelület elé egy lencsét helyeztek el, amelynek segítségével azt síkká egyenesítették ki, így fotolemezeket alkalmazhatnak, a negatív mérete 150×200 mm.

A mesterséges hold nyomának megszakítására szintén a fókuszsík előtt mozgó forgózárall szerelték fel, amelynek minden fordulatához 0,0001 pontossággal rögzítődik az időpont. A csillagokra való exponáláshoz a korrekciós lemez előtt elhelyezett frisz-zárral látták el, amelynek nyitási és zárási ideje is feljegyződik, legrövidebb expozíciós idő $1/4$ sec.

A pozícióban elérhető pontosság $1''$, ami nagyobb mint a Baker-Nunn kameráknál, főleg azért, mert a meggörbített film helyett itt sík fotolemezt használnak.



61. ábra. A világ legnagyobb nem követő rendszerű műszere, a Hewitt kamera

A kamera határmagnitúdója a nagyobb belépőnyílás ellenére, az álló távcső következtében lényegesen kisebb: 10^m ha a holdnak a kamerához viszonyított sebessége $0,1^\circ/\text{sec}$ és 7^m5 ha a sebesség $1^\circ/\text{sec}$.

A Hewitt kamerából kettőt állítottak fel Nagy-Britanniában: Malvernben és az Edinburgh Royal Observatory mesterséges hold megfigyelő állomásán. Ezek a kamerák részt vesznek a Smithsonian Astrophysical Observatory programjában és bekapcsolódtak a nyugat-európai triangulációs hálózat munkájába is.

6. AFU kamera

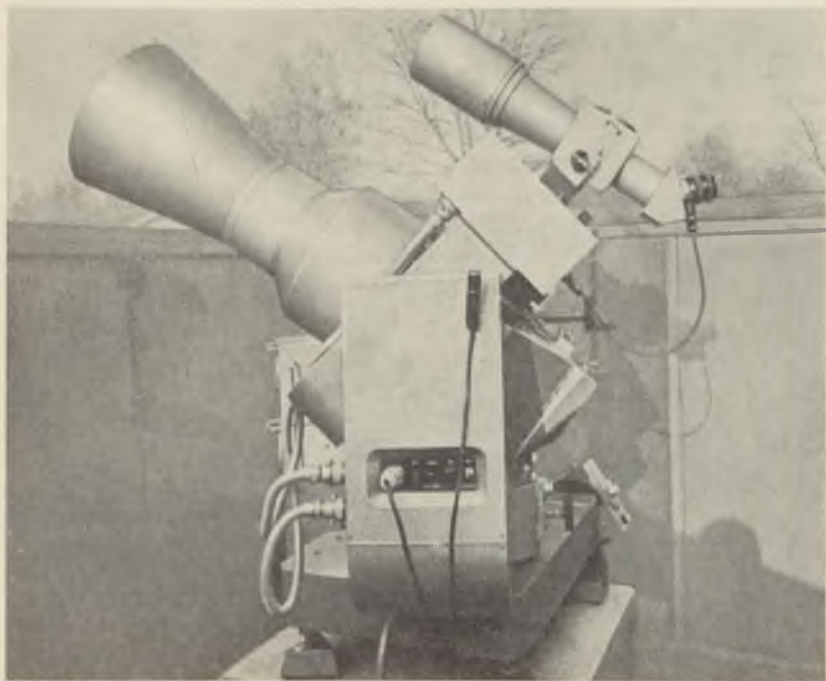
Az első, sorozatban gyártott, a szputnyik mozgását követő szovjet fotografikus kamera (62. ábra). A berendezés prototípusát még 1960-ban dolgozta ki *M. K. Abele* és *K. K. Lupuska* rigai csillagász. 1965-től kezdték a sorozatgyártást és fokozatosan szerelték fel a kijelölt szov-

jet, majd külföldi állomásokat ezzel a kamera típussal és segédberendezéseivel, létrehozva ezáltal egy új kamera hálózatot (l. IX. tábl.).

Hazánkban 1969 őszén az MTA Csillagvizsgáló Intézete Bajai Observatóriumában állítottak fel ilyen berendezést, amelyet a Szovjetunió Tudományos Akadémiája ajándékozott Magyarországnak, azzal a feltétellel, hogy az állomás részt vesz az AFU kamera hálózat közös programjában is.

Az AFU kamera magassága eléri a 2 m-t, szélessége és hosszúsága mintegy 1,5 m, súlya 350 kp.

A négytengelyes, azimutális szerelésű távcsövet egy ún. ekvatoriális alapon helyezték el (a 62. ábra alsó részén látható, lábakon álló doboz). Ez a rendkívül eredeti ekvatoriális alap tulajdonképpen egy finommechanikai transzformátor, amely bármely földrajzi szélességre beállítható módon biztosítja, hogy az egész berendezés a csillagok napi mozgását (maximálisan 3 percig) követi. Lényegileg tehát az ekvatoriális alap a 4-tengelyes távcsőnek egy ötödik, a pólus irányába mutató tengely körüli forgatását végzi, mint egy órágép.



62. ábra. Az MTA Csillagvizsgáló Intézete Bajai Állomásának AFU kamerája

A kamera lencsés távcső, Uran-16 típusú, 7 tagból álló objektívvel, melynek átmérője 212 mm, fókusz távolsága 735 mm, látómezeje $15 \times 10^\circ$. A fényképezéshez 19 cm széles légifényképezési filmet használnak, a kazetta egyszeri betölthetősége 29 m (legalább 110 db negatívot jelent), a kihasználható képméret 200×136 mm.

A kamerát egy lamellákból álló központi zárral (nyitási idő 0,2) és egy forgózárrel látták el. A forgózár szerkezetiileg egy magas és lapos képkerethez hasonlítható, melynek oldalán rés van; a kamera belsejében úgy forog, hogy oldallapjával a fókusz síkhoz közel halad el.

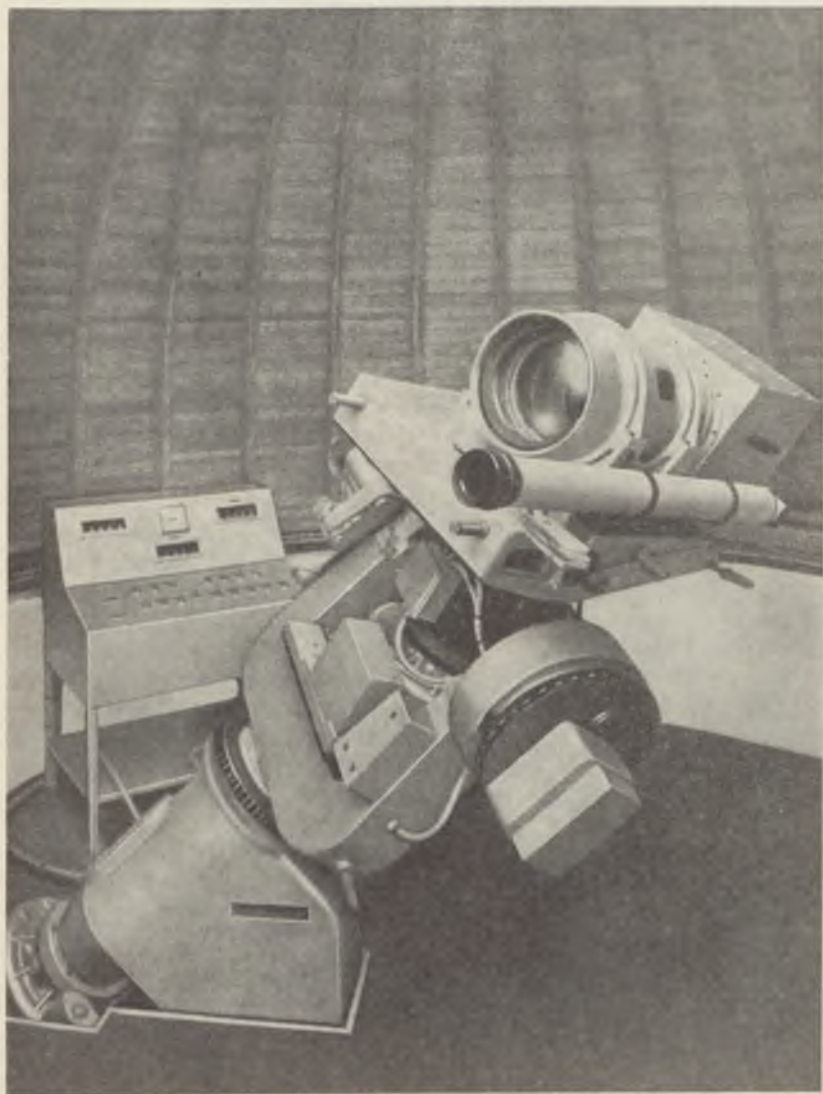
A vizuális követésre egy változtatható látószögű ($6,5^\circ$ és 3°) kereső távcsövet szereltek párhuzamosan a kamerával. Ez a vezető távcső a megfigyelő által szabályozott sebességgel, kiskör mentén követi a hold mozgását az égbolton ($0,02 - 1,5^\circ/\text{sec}$). A vezető távcső impulzusaira a kamera ugrásszerűen utoléri a folyamatos mozgást végző kis távcsövet, tehát nem állandóan követ. Ezt a külön mozgást az teszi lehetővé, hogy a kamera és a kereső 3., azaz pályatengelye egymás folytatásaként van szerelve ugyan, de szeparáltak. Megfigyelés közben a kamera áll, illetve az ekvatoriális alap működése esetén a csillagok napi mozgását követi. A mesterséges hold „megállítását” a filmtartó kompozíciós mozgatásával éri el (Abele-féle filmmozgatás). A filmtartó mozgatásának sebessége megegyezik az észlelő által beállított követési sebességgel, így a hold képe nem mozdul el a filmkockához képest. A filmtartó és a filmkocka ilyenén mozgatása a fókusz síkban 36 mm hosszúságban lehetséges (kompenzáció-hossz), ezt 1×36 mm, 2×18 mm, 3×12 mm, 6×6 mm és 12×3 mm-es szakaszokban lehet elérni. Ha egy adott sebességgel mozgó holdnál 3 mm-es kompenzáció helyett 6 mm-eset állítunk be, akkor élesebb, „sötétebb” nyomot kapunk, mert ugyanazon a helyen kétszer annyi ideig gyűlt össze a fény.

Az AFU kamerát önálló időszolgáltató egységgel és az ehhez szükséges kiegészítő berendezésekkel látták el. Ezek a következők: rádióvevő az időjelek vételére, kvarcóra a kamerában elhelyezett fotokronográf meghajtására, valamint oszcilloszkóp a rádió és kvarcóra jeleinek szinkronizálására (pontosság 0,0001). A fotokronográf órákat, percek, másodpercek és századmásodpercek jelölő osztott korongokból áll, ezek meghajtását egy, a kvarcóra vezérelte szinkronmotor végzi. A korongok pillanatnyi állása egy felvillanó fény hatására ugyanarra a filmkockára rögzítődik, amelyen a csillagok és a szputnyik nyoma található.

A kamera három különféle üzemmódban működhet:

A) Aktiv, tehát felvillanásokat adó holdak megfigyelési módja.

A megfigyelő utasítására a kamera központi zárja kinyílik és az ekvatoriális alap automatikusan működni kezd, tehát a csillagok is



63. ábra. A francia ANTARES kamera

pontszerűen képződnek le, akárcsak a hold felvillanásai. A kamerával 0^s002 időtartamú felvillanások 5^m-ig fényképezhetők. Az észlelés után célszerű ismét exponálni a csillagokra, így azok két közeli pont formájában rögzítődnek, amelyet könnyebben meg lehet különböztetni a szputnyik magányos pontjaitól. Időmérésre nincs szükség, mert a felvillanások programszerűen történnek és idő adataik meghatározottak.

B) Fényes holdak megfigyelési üzeme (3^m-ig).

Ennél az üzemmódnál működik a csillagra követés és a forgózár, amely a központi zár nyitása után megszakítja a hold nyomát olyan formán, ahogyan azt a 3. pontban a második példán mutattuk. A forgózár másodpercenként egyszer fordul körbe, amit szintén a kvarcóra vezérel. A nyitás utáni első fordulatkor rögzítődik egy időjel és az ehhez tartozó fotokronográf állás, ezután a film két szélére a további fordulatok időjelei fényképeződnek a kronográf állása nélkül. Az időjelek segítségével kaphatók meg a szputnyik nyomaihoz tartozó idő adatok. A központi zár becsukása után a film automatikusan továbbíródik.

C) Halvány szputnyikok fényképezése (9^m-ig).

A felvétel megkezdése előtt a vezető távcsövön keresztül figyelve a holdat, a követés sebességét kell egy kapcsoló és egy potenciométer segítségével pontosan beszabályozni, esetleg az egész távcső állásán változtatni, amennyiben az előrejelzés nem volt túl pontos. A rögzítőket, kapcsolókat úgy helyezték el, hogy közben az észlelőnek nem kell levennie a szemét a holdról, a két szabad kezével minden állítást el tud végezni. A kompenzáció hosszát és a csillagra exponálás idejét (lehetőségek: 1/2, 1, 3 vagy 10 sec) előre célszerű beállítani, de előbbit az észlelés alatt, illetőleg a hold követése közben a hold fényességének megfelelően változtatni lehet. A felvétel kezdetét programszerűen előre is be lehet állítani, vagy a megfigyelő maga nyitja a központi zárat, ami után a kamera tevékenysége teljesen automatikus. Miközben a vezető távcső követi a holdat, a kamera megáll, és noha az ekvatoriális alap működik, a film mozdulatlan, tehát az észlelési program, a csillagokra exponálás kezdődik (első csillag pont) és az előre beállított ideig tart. Ezután megindul a film kompenzációs mozgatása a mesterséges hold mozgási irányában (az előre beállított hosszúságig, pl. 6 mm-ig), ekkor tehát a szputnyik is pontszerű nyomot hagy (első szputnyik pont), majd megáll a film és ismét a csillagokra történik exponálás (második csillag pont), aztán ismét mozog 6 mm-t a film és a mesterséges hold fényképeződik le (második szputnyik pont) és így tovább. A hatodik szputnyik nyom után még egy csillagra exponálás történik (hetedik csillag pont), de kompenzáció már nem lesz, mert mind a 36 mm-t elhasználtuk mozgatásra (6×6 mm-t). Így a csillagok és a szputnyik is

A Baker-Nunn és az AFU kamerák hálózata

● Baker-Nunn kamerás állomások (SAO): ▲ AFU kamerás állomások:

9001 Organ Pass (Új-Mexikó)
 9002 Olifantsfontein (Dél-Afrika)
 9003 Woomera (Ausztrália)
 9004 San Fernando (Spanyolorsz.)
 9005 Tokió (Japán)
 9006 Naini Tal (India)
 9007 Arequipa (Peru)
 9008 Shiraz (Irán)
 9009 Curacao (Holland-Antillák)
 9010 Jupiter (Florida)
 9011 Villa Dolores (Argentina)
 9012 Maui (Hawaii szg.)
 9014 Cold Lake (Kanada)
 9015 Oslo (Svédország)
 9017 Johnston (Island)

1039 Pulkovó (Szovjetunió)
 1055 Uzsgorod (Szovjetunió)
 1065 Juzsno-Szahalinszk (Szovjetunió)
 1072 Zvenyigorod (Szovjetunió)
 1075 Taskent (Szovjetunió)
 1084 Riga (Szovjetunió)
 1101 Szófia (Bulgária)
 1113 Baja (Magyarország)
 1131 Bukarest (Románia)
 1145 Ondrejov (Csehszlovákia)
 1660 Ulan-Bator (Mongólia)
 1753 Santiagó (Kuba)
 1901 Kairó-Heluán (EAK)
 1923 Afgoi (Szomali)
 1951 Kergelen (francia szg.)



● új SAO állomások, Baker-Nunn kamerával
 xxxxMirnij szovjet Antarktisz kutató állomás

▲ tervezett AFU kamerák
 xx Dalan - Dzadagad (Mongólia)
 Tokio (Japán)

pontsorozat formájában hagy nyomot a filmen. Ha elég fényesek az objektumok, a pontok között még a halvány nyomvonal is látszik $\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$ (csillag nyom), $\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$ (mesterséges hold nyoma), csillag nyomból mindig eggyel több lesz mint a szputnyik nyomából, hiszen csillagokra való expozícióval kezdtük és azzal is fejeztük be a felvételt. Az utolsó csillagrafényképezés után becsukódik a központi zár, és a film automatikusan továbbbitódik egy képpel. A megfigyelőnek a követési sebességet újra szabályoznia kell, mielőtt jelt adna a következő felvétel megkezdéséhez.

A film mozgatása közben minden 1,5 mm-en indexszel együtt rögzítődik a fotokronográf állása, a megálláskor, azaz a csillagra való fényképezés megkezdésekor csak az index képződik le a filmen. Ezekből az adatokból könnyen kiszámíthatók az expozíciókhoz tartozó időpontok.

Az AFU kamerával elérhető pontosság pozícióban 2–3'', időben 0,001.

Az AFU kamera hálózat részt vett az ISAGEX elnevezésű nemzetközi szputnyik-geodéziai kísérletben (1971). A kísérletbe bekapcsolódott 16 ország 63 megfigyelő állomása (15 lézer távcső, 3 állomáson lézer távcső + a visszavert sugár fotografálása kamerával, 15 Baker-Nunn, 13 AFU, 2 SBG és 1 Antares kamera, valamint 14 kisebb fotokamera). A feladat hét mesterséges hold nagy pontosságú lézeres és fotografikus észlelése volt.

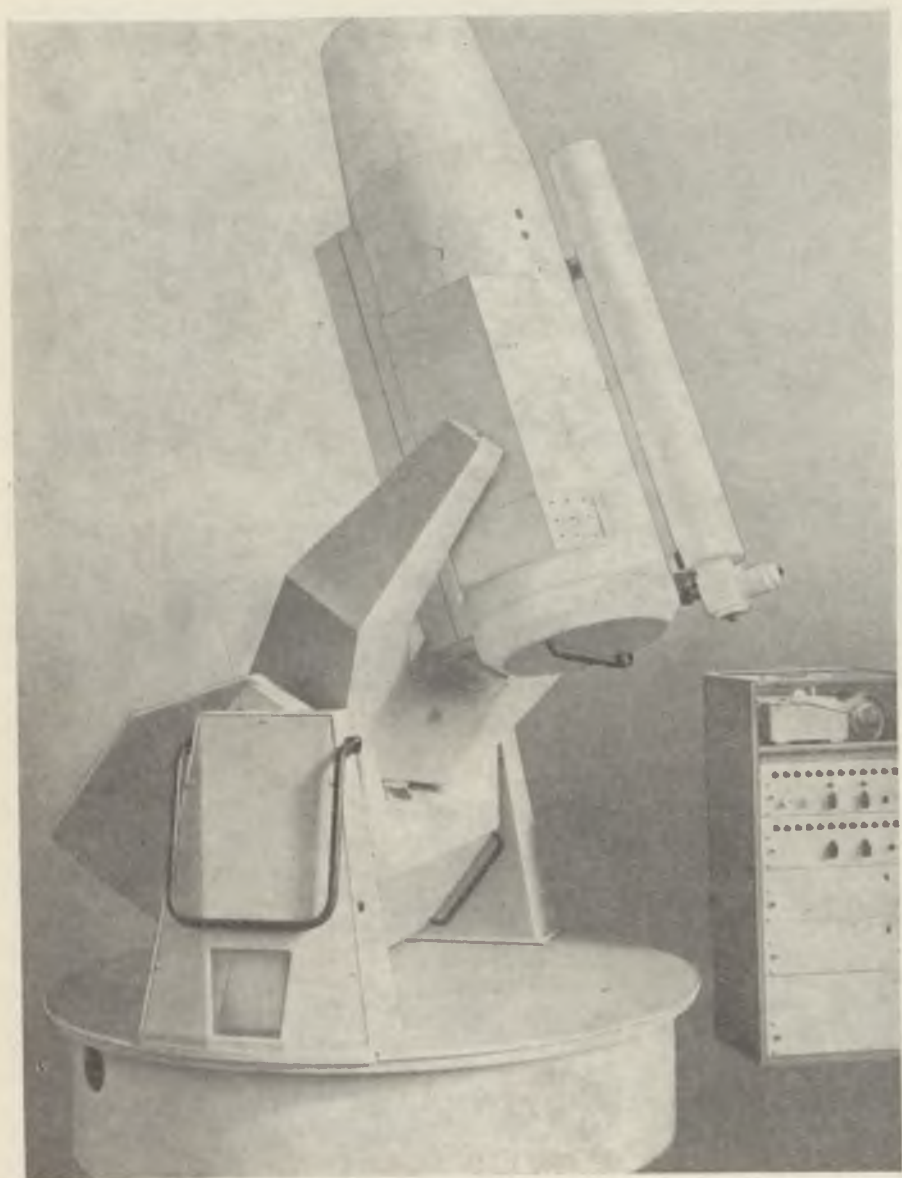
Az ISAGEX egyik célja a Föld gravitációs terének vizsgálata, a gravitációs potenciál 21 zonális együtthatójának és 18 tesszerális együtthatójának kiszámítása, valamint az új és régi értékek (SAO Standard Earth-1966 1. 4. pont) összevetése. A másik cél a megfigyelő állomások koordinátáinak a meghatározása, illetőleg a különböző geodéziai hálózatok összekapcsolása. A fő irányító a francia űrkutatási központ (CNES); alközpontok: a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának Csillagászati Tanácsa, két amerikai, egy francia és egy cseh intézmény.

Ezen kívül az AFU kamera hálózat *I. D. Zsongolovics* leningrádi professzor javaslatára lézer mérésekkel egybekötött szinkron észleléseket fog végezni, amelyek felhasználásával meghatározható a Föld tömegközéppontjának helye, valamint a résztvevő állomások egymáshoz viszonyított helyzete (azaz koordinátái).

Az AFU kamerák megfigyeléseit a felsőlégkör sűrűségváltozásainak és egyéb mozgásainak (pl. szelek) vizsgálatára is felhasználják, többek között magyar csillagászok kutatásaiban is.

7. Antares-kamera

A Meudoni Obszervatóriumban készült tervek alapján kidolgozott francia kamerát 1967-ben Nice-ben állították fel (63. ábra).



64. ábra. A jenai Zeiss Művekben kifejlesztett szputnyikkövető távcső — az SBG kamera

Szerelése parallaktikus, ellátva egy harmadik tengellyel, amely körül az észlelő által szabályozott sebességgel ($0,03-2^{\circ}/\text{sec}$) képes követni a mesterséges hold mozgását. A harmadik tengelyre merőleges síkhoz képest a kamera középvonala $6^{\circ}6'$ -ig dönthető (ez 4. tengelyt jelent a kiskör mentén való követéshez). A kamera 6 lencsés KINOPTIK típusú objektívjének átmérője 300 mm, fókusz-távolsága 900 mm. A hold nyomát a fókusz-sík előtt mozgó forgózár szakítja meg és 0,0001 névleges időmérési pontosságot ad. A kamera látómezeje $11 \times 11^{\circ}$. A fotografáláshoz filmet használnak, egyszerre 40 m tölthető a kazettába, a kép mérete 180×180 mm. Az elérhető pozícióbeli pontosság $2''$.

Követés nélkül 5^{m} -ig észlelhetők a mesterséges holdak. Követéssel rendszeresen fotografálták a francia Diademe nevű, 9^{m} fényességű szputnyikot.

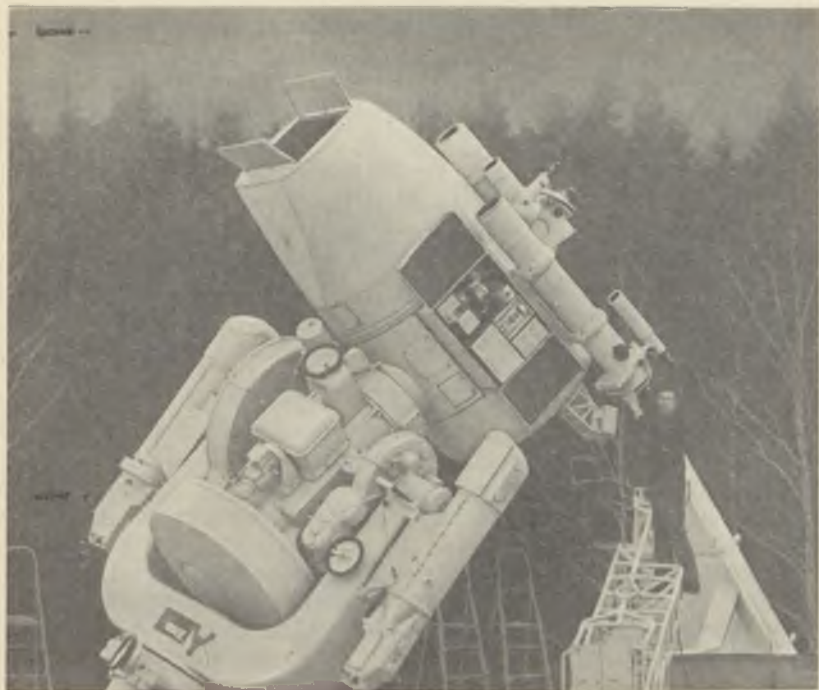
A kamera szintén bekapcsolódott a nemzetközi geodéziai célú programokba.

8. SBG kamera

A jeni Zeiss Művekben a hatvanas évek közepétől kifejlesztett, szintén mesterséges holdak megfigyelésére szánt távcső (Satellitenbeobachtungsgerät-SBG, 64. ábra). A kamera 4-tengelyes szerelésű, ezért gömbi kiskör mentén lehet vele követni, amihez lyukszalagról biztosítják a vezérlést (követési sebesség $0,02-1^{\circ}/\text{sec}$).

A berendezés eléri a 3,8 m magasságot, alap átmérője 2 m, súlya 3300 kp.

Optikai rendszere Schmidt, a tükrök átmérője 500 mm, a fókusz-távolsága 760 mm, korrekciós lemezének átmérője 425 mm. A kamera látószöge $8^{\circ}7' \times 5^{\circ}3'$. A fotografáláshoz 120×90 mm lemezeket használnak. Ezekből 7 db tölthető egyszerre a kazettába, ahonnan egy speciális karos szerkezet kiemeli és a fókusz-jaikban levő tartóba csúsztatja, majd a felvétel után szintén automatikusan kiveszi és áthelyezi az exponált lemezek kazettájába. A kamera érdekessége, hogy nem alkalmaztak zárat, a fotografálást és az idő rögzítést a következőképpen oldották meg. Az egész kamera precíziósan követi a hold mozgását, automatikusan behelyeződik a fotolemez a lemeztartóba és leképeződik a szputnyik nyoma pontszerűen, mert a hold képe és a lemez egymáshoz képest mozdulatlan. Ekkor megindul a lemeztartó, a távcső mozgásával ellenkező irányban kompenzáló mozgásba kezd, tehát most a csillagokhoz képest mozdulatlan a negatív (igaz, a csillagok napi mozgását figyelmen kívül hagyták, de ezt megtehetjük, ha kis expozíciót alkalmazunk). A csillagokról ekkor pontszerű képet kapunk, ezután újra megáll a lemez és a távcsővel együtt ismét a szputnyikot



65. ábra. A Szovjetunióban kidolgozott és a világon a legnagyobb mesterséges-holdkövető berendezés, a VAU kamera

követi, tehát megint a mesterséges hold képződik le pont formájában stb. A negatívon kívül is hasonló pontsorokat kapunk, mint az AFU kameránál, de itt a szputnyik pontokból lesz egyfel több. Mint láttuk, a SBG kameránál ellenkezőleg történik az objektumok leképződése mint az AFU-nál (ott a film kompenzációs mozgása alatt a mesterséges hold nyoma ad pontszerű képet, a SBG-nél pedig a lemezmozgatás során a csillagról kapunk pontszerű nyomot). A lemeztartó elindulása és megállása, azaz a szputnyik-expozíció vége és kezdete, egy speciális gyorsulásmérő impulzusaival jelződik és hatására rögzítődnek a hozzájuk tartozó időpontok 0,0001 névleges pontossággal.

A csillagokra és a mesterséges holdra az expozíció 0,2–22^s között állítható be. Tökéletes követésnél 12^m-ig lehetséges a szputnyikok fényképezése.

SEG kamerákat Potsdamban (NDK) és Ondrejovban (Csehszlovákia), valamint kettőt a Szovjetunióban állítottak fel.

9. VAU kamera

A Szovjetunió Tudományos Akadémiája Csillagászati Tanácsának Zvenyigorodi Kísérleti Observatóriumában állították fel a világ legnagyobb követő kameráját. A kísérleti és próbaüzemeltetések után 1971-ben megindultak vele a rendszeres észlelések.

Méretei $5,3 \times 4$, $4 \times 7,6$ m, súlya 28 500 kp.

A háromtengelyes, parallaktikus szerelésű távcső optikai rendszere Makszutow, a meniszkusz lencse átmérője 500 mm, fókustávolsága 700 mm, a főtükör átmérője 1070 mm. A fókuszfelület természetesen szférikus, erre szorítódik rá a 70 mm széles film. A látómező $30 \times 5^\circ$ -os, a kép mérete 360×60 mm. A kazettában egyszerre 120 m film helyezhető el (kb. 250 negatív adódik).

A kamerát kétféle zárral szerelték fel, a fókuszfelület körül kering a forgózár és szintén ennek közelében helyezték el a két oldalra szétnyitható, ún. „kétszárnyú” zárat. Emlékeztetünk arra, hogy általában ez utóbbit, azaz a főzárát az objektívek előtt helyezik el, mint azt a korábban ismertetett berendezéseknél láttuk, itt viszont a főtükör és a fókuszfelület között foglal helyet.

Az egész berendezés irányítására egy külön szobában (ahonnan a távcsőre egy nagyméretű ablakon keresztül kitűnő „fellátás” van) vezérlőpultot állítottak fel, innen szabályozható szervomotorok segítségével a harmadik tengely égi iránya, a követés sebessége, nyithatók a záarak, stb. Tulajdonképpen megfigyelő nélkül, automatikusan is lehet működtetni. A megfigyelő (mert a vizuális kontrollt a legtöbb esetben használják) vagy mikrofonon keresztül ad utasításokat az irányító szobába, vagy egy kis méretű kézipulton maga is elvégezheti a szükséges beállításokat, illetve változtatásokat. Az észlelő számára három vezető (mindegyiknél $2^\circ 40'$, $1^\circ 24'$, $52'$ látómező állítható be) és három kereső távcsövet (7° látómező) helyeztek el, hogy a kamera legkülönbözőbb helyzeténél is kényelmesen lehessen várni a szputnyik átvonulását és követni égi mozgását.

Időszolgálat: 2 kvarcgenerátor (az egyik a tartalék), frekvencia leosztókkal, rádióvevő és oszcillátor az időjelek szinkronizálására, elektromos óra számlámpás kijelzéssel időkontrollra, a kamerában elektromechanikus óra számlapokkal (0 $\frac{0}{0}$ 1-ig) és egy elektronikus skála (0 $\frac{0}{0}$ 001 osztásokkal). Mivel a forgózár pontszerű megszakításokat ad (ezeket méri aztán ki a szputnyik, illetve a fényesebb csillagok nyomán), ezért ezekhez rögzítődik a filmre az időjelet szolgáltató skála.

A kamera négy üzemmódban dolgozik

1. Halvány, gyors holdak megfigyelése.

A kamera követi a holdat ($0 - 1,7^\circ/\text{sec}$), a forgózár működik, kinyílik a „kétszárnyú” zár és a forgózár 3 fordulata után záródik. Így a szputnyikról pontszerű képet kapunk és a fényes csillagok képén 5 kis megszakítás lesz a forgózár lemezeinek takarásától; a középsőhöz rögzítődik az idő. A „kétszárnyú” zár becsukódása után a mesterséges hold követéséről a kamera csillag követésre kapcsolódik és ismét nyílik a „kétszárnyú” zár. Ekkor a csillagok pontszerűen képződnek le, de most már a halványakról is kapunk képet (a mesterséges hold már nem hagy nyomot, mert régen kifutott a látómezőből). Az észlelés az automatikus zárással fejeződik be.

2. Fényes holdak fotografálása.

Csak csillagra követés van, a kamera nyitódik és a forgózár 3 fordulata után záródik. Pontszerű csillagnyomok között megszakított szputnyiknyom adódik — — — — — a középső megszakítás ideje a filmen rögzítődik.

3. Halvány, lassú holdak észlelése.

A kamera tevékenysége az első üzemmód első felének felel meg, de itt a kamera újbóli nyitására nincs szükség, mert a hold kis sebességének megfelelően a forgózár igen lassan mozog és sok idő jut a csillagok leképeződésére.

4. Mesterséges bolygók, szondák követése (igen-igen lassú mozgás). A forgózár nem működik, a „kétszárnyú” zár nyitási és zárási ideje ún. nyomtató-kronográf papírszalagján rögzítődik. Ideális követés esetén a mesterséges bolygó nyoma pontszerűnek, a csillagok képei kissé elnyúltnak adódnak, mert az expozíció hosszú ideig tart.

A forgózár forgási sebessége, és ezáltal a „kétszárnyú” zár nyitva-tartási ideje (3 fordulata az előbbinek) a mesterséges hold sebességének megfelelően választható ki.

Pontos követés esetén 2^s -os expozícióval 11^m fényességű objektumok fényképezhetők.

A követő távcsövek 12^m -ig teszik lehetővé a vizuális kontrollt.

A VAU kamera előnye a Baker-Nunn-nel szemben, hogy parallax-tikus szerelése biztosítja nagyszámú csillag pontszerű leképezését közvetlenül a szputnyik lefényképezése után, vele egyidőben pedig a fényesebb csillagokét. Ez gyakorlatilag a film deformációjának teljes figyelembevételét engedi meg.

A Moszkva környéki Zvenyigorodon kívül Tadzsikisztánban (Dusanbe) és Örményországban (Bjurakán) állítanak még fel VAU kamerákat.

Kamera, terv. évi rendsz. évi megnevezése	Felállítás	Optikai rendszer, tükror	Belépőnyílás, objektív átmérő (D)	Fókusz-távolság (f)	$\frac{D}{f}$	Fókuszfelület	Követés módja, sebessége	Látómező, képméret, fotoanyag	Pozíció és idő pontosság	Határ-magnitúdó, adott hold-sebességnél
BAKER-NUNN 1955-57 1958	azimutális 3-tengelyes + kis vizuális	szuper-Schmidt 750 mm kereső távcső	500 mm	500 mm	1 : 1	gömb	kamerával 0-2°/sec	30° × 5° — film	2''-3'' 0,001 s 0,0001 s	12 ^m követés- sel
HEWITT 1962-65 1965	azimutális 2-tengelyes + 3-tengelyes	szuper-Schmidt 850 mm követő távcső	600 mm	600 mm	1 : 1	sík	álló kamera	10° 200 × 150 mm lemez	1'' 0,0001 s	10 ^m 0,1°/sec 7 ^m 51
AFU 1960-65 1967	azimutális + ekv. alap 4-tengelyes + követő távcső vál- toztatható nagyítás- sal	7 lencsés obj. „URAN- 16” típus.	212 mm	735 mm	1 : 3,5	sík	film kom- penzációs mozgató- sával	15 × 10° 200 × 135 mm film	2''-3'' 0,001 s	9 ^m követés- sel 4 ^m köv. nélkül
ANTARES — 1967	parallaktik. 3-tengelyes + lencsés követő táv- cső	6 lencsés „KINOP- TIK” objektív- vel	150 mm 60 mm 300 mm	20-szoros nagyítással 8-szoros nagyítással 900 mm	1 : 3	sík	kamerával 0,03- 2°/sec	11° 180 × 180 mm film	3'' 0,0001 s	9 ^m követés- sel 5 ^m köv. nélkül

SBG 1964-69	azimutális Schmidt 4-tengelyes 500 mm + lencsés követő táv- cső változtatható na- gyítással	425 mm 150 mm 75 mm	760 mm 30-szoros nagyítással 11-szeres nagyítással	1 : 1,8 slk	kamerával 8,7 × 5,3 120 × 90 mm 1°/sec 3°-os látómezővel 6°-os látómezővel	2' - 3' 0,0001 s	12 ^m köv.-sel 10 ^m 0,01°/sec 7 ^m 5 0,1°/sec
VAU 1965-68 1971	parallak- tík. 3-tengelyes + három követő távcső + három kereső távcső 10-szeres	500 mm 390 mm Makszutov 1070 mm	700 mm (effek- tív) 1 : 1,8	gömb	kamerával 0 - 1,7°/sec 30° × 5° 360 × 60 mm film 30° × 5° 360 × 60 mm film	1' - 3' 0,0003s	11 ^m köve- téssel

10. Befejezés

Célunk az volt, hogy a legnagyobb és legmodernebb berendezések részletes ismertetésén keresztül mutassuk be a mesterséges holdak fotografálására szolgáló különleges távcsöveket. Természetesen a szputnyikok fényképezését még sok egyéb berendezéssel, kisebb méretű kamerákkal, átalakított légifényképezőgépekkel, sőt nagy látószögű hagyományos csillagászati távcsövekkel is végezték és végzik. De az alapvető és legfontosabb műszerek az itt bemutatott kamerák.

Irodalom

1. Almár I.: Űrkutatás 1957—1967. Magyar Tudomány 1967/10.
2. Nagy E.: Tíz év Űrkutatás. Kossuth Könyvkiadó 1967.
3. Ill M.: A magyarországi szputnyikmegfigyelő hálózat munkájáról. Magyar Tudomány 1966/5.
4. Ill M.—Almár I.: A felsőlégkör sűrűségének meghatározása az Űrkutatás eszközeivel I., II. Fizikai Szemle 1970/2—3.
5. A. G. Maszevitch and A. M. Losinsky: Photographic Tracking of Artificial Satellites. Space Science Reviews 1970/11.
6. D. King-Hele: Observing Earth Satellites. London, Macmillan, 1966.

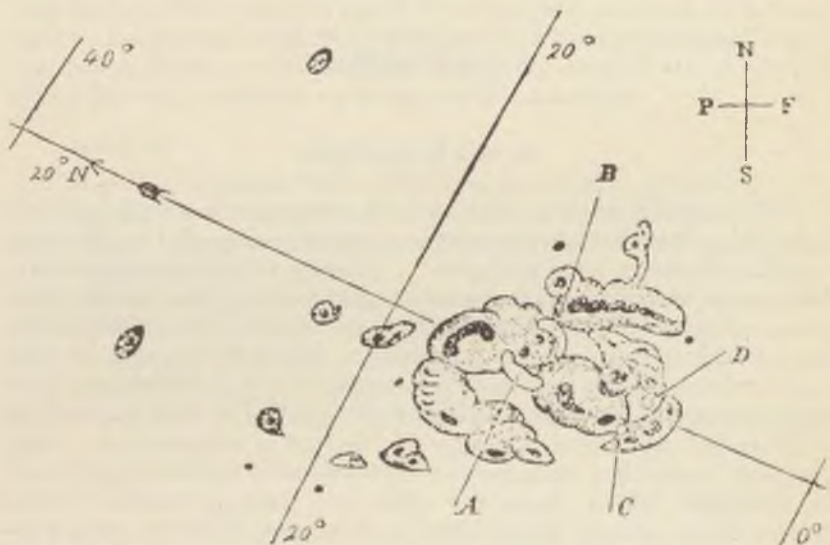
A NAPKITÖRÉSEK

Az első flerészlelések

1859. szeptember 1-én, *Richard C. Carrington* angol csillagász, aki már több, mint fél évtizede rendszeres napfoltészlelésekkel foglalkozott, különös jelenségre lett figyelmes: "...a nagy északi foltcsoport területén (amely nagyságánál fogva már korábban is figyelmet keltett), két erősen világító fehér fényfolt tűnt fel az 1. ábrán *A* és *B*-vel jelölt helyeken, a fehérén hagyott rész formájában. Első benyomásom az volt, hogy valami módon egy fénysugár jutott át az objektívlencse köré helyezett ernyőn, amely a kivetítő ernyőt árnyékolja, mert fényességük a közvetlen napfénnel volt egyenlő; de rögtön megszakítva a megfigyelést, a napképet elmozgatva a rektaaszcenzió beállító fogantyú elcsavarásával, láttam, hogy egy egész más jelenség váratlan tanúja lettem. Ezért azonnal feljegyeztem az időpontot, és látván, hogy a kitörés erősen növekszik, eléggé izgatottan a meglepetéstől, elrohantam valakit keresni, hogy tanúja legyen megfigyelésemnek, de 60 másodpercen belül visszatérve, elrémülve láttam, hogy a jelenség erősen megváltozott és meggyengült. Röviddel ezután az utolsó nyom is eltűnt, és bár majd egy óráig figyeltem még, nem ismétlődött semmi. A legutolsó nyomok *C* és *D* voltak, a fényfoltok jelentős távolságra elmozdultak, és eltűntek, mint két halványuló fénypont." A *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 20. kötetéből (1860) idézett cikk további részében Carrington leírja, hogy a látott fényjelenség semmiféle hatással nem volt a napfoltcsoport formájára, tehát valószínűleg a felett történt. Említésre méltónak tartotta azt is megjegyezni, hogy fél nappal e megfigyelés után nagy mágneses vihar is kezdődött, de összefüggésre még nem akart következtetni a két jelenség között, „egy fecske nem csinál nyarat”.

Carringtonnak ez a megfigyelése nemcsak szép példa egy váratlan esemény tudományos pontosságú feljegyzésére, hanem az első említése a Napon végbemenő jelenségek közül a napkitörésnek, amit ma általában flernek nevezünk. (Carrington idézett cikkének 1. ábráját mutatja a 66. ábra).

Az első fehér fényben észrevett fler után, amelyet Carringtonon kívül még *Hodgson* is megfigyelt, 32 év telt el, míg 1891. június 17-én *Trouvelot*-nak ismét sikerült észlelnie a naptevékenység ilyen megnyilvánulását. A következő feljegyzés fehér fényben látható flerről 1921. szept-



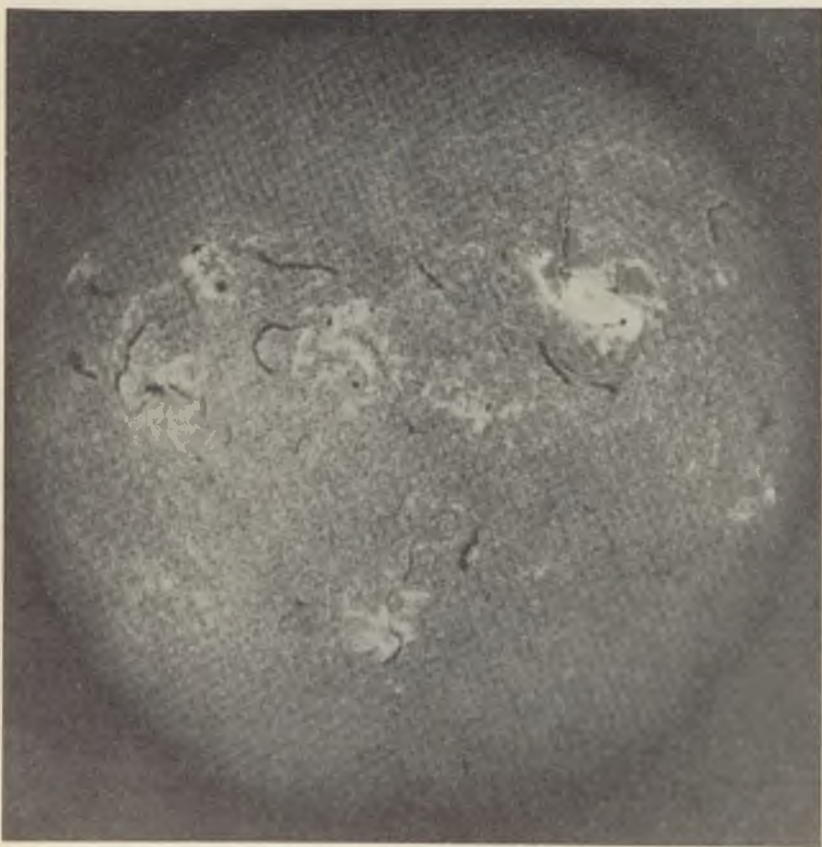
66. ábra. Carrington eredeti rajza az 1859. szeptember 1-én megfigyelt „fehér” flerről

tember 21-éről való (*Martheray*), ez mutatja azt is, hogy az ilyen jelenségek ritkák: máig két tucatnál kevesebb alkalommal sikerült „fehér” flert észlelni. Szerencsére a napfizikai megfigyelési eszközök tökéletessége új műszereket állított csatasorba. *Hale* 1892-ben kezdett el észlelni spektrohéliográfiájával. Ez a műszer a Nap fényképezésére szolgál meghatározott hullámhosszúságú fénysugarak segítségével; ebből fejlesztette ki 1924–29 között a spektrohélioszkópot, amellyel a Nap felületét egy kiválasztott színképvonal fényében lehet látni. Jelenleg széles körűen használják még hasonló célokra az 1930-as években *Ljot* és *Öhman* által kikísérletezett polarizációs monokromátor-szűrőt is. *Hale* a spektrohéliográffal az ionizált kalcium *K* színképvonalában fényképezve a Napot, 1892. július 15-én sikeresen lefényképezett egy flert, megjegyezve, hogy fehér fényben nem volt észrevehető. A monokromatikus fényben végzett megfigyelések során kiderült, hogy a flerek nem is ritkák a Napon, fény derült sok tulajdonságukra, és jelenleg is

a naptevékenység megnyilvánulásai közül a legintenzívebben velük foglalkoznak. Ez érthető is, mert mai tudásunk szerint legtöbb és legközvetlenebben lemérhető hatását a naptevékenységnek a Földön épp a flerek okozzák.

A flerek észlelése a látható színeképtartományban

Hosszú ideig a flerek tanulmányozására az egyetlen lehetőség látható sugárzásuk vizsgálata volt; részben színeképük megfigyelésével foglal-

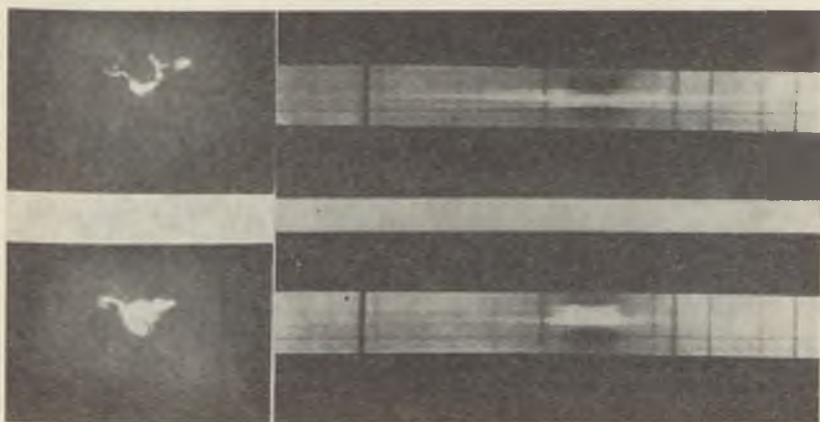


67. ábra. A napkorong képe 1959. július 16-án, a jobb oldalon 3-as nagyságú flerrel. (Lockheed Solar Obs.) Ez a fénykép a 68 – 72-es ábrán láthatókkal együtt mind a H-alfa színeképronal fényében készült

koztak, részben monokromatikus fényben — főleg a hidrogén 6563 Å hullámhosszú vörös H-alfa vonalában — végzett sorozatfelvételeken fejlődésüket rögzítették. A 67. ábra mutat egy H-alfa felvételt, egy 3-as nagyságú flerrel. Mivel a H-alfa a napszínkép egyik legerősebb abszorpciós vonala, „ráhangolt” Lyot-szűrővel a Nap középső légkörének, a kromoszféraának felsőbb rétegeit láthatjuk, ha a szűrő csak közvetlenül a színekpvonal közepét engedi át, tehát áteresztési sáv szélessége 0,5—1 Å. A 67. ábrán láthatók a H-alfa képek jellegzetes képződményei: a főleg napfoltcsoportokat körülvevő fényes H-alfa fáklyák, a kromoszféra szálas szerkezete, amely nagyon különbözik a fehér fényben látható granulációs szerkezettől, valamint a hosszúkás, sötét filamentek, amelyek tulajdonképpen a Nap felszíne felett mágneses erővonalakon lebegő, a környezetüknél „hűvösebb” gáztömegek, a protuberanciák. A képet az egyik legerősebb sötét színekpvonal fényében fényképezték, amelyben a Nap fényessége jóval kisebb, mint a szomszédos folytonos színekptartományokban. A flerek sugárzásának jelentős része viszont éppen a H-alfa vonaltól ered. Flerek színekpében az abszorpciós vonal „kitöltődik”, söt fényes emissziós vonallá válik, és időnként nagyobb flereknél a folytonos színekp intenzitásának 200—250%-át is meghaladhatja. A megfigyelési körülmények tehát a H-alfa vonal fényében észlelve igen kedvezőek, ezért történnek a megfigyelések is főleg ebben a színekpvonalban. Az így észlelt flerek esetén H-alfa flerekről beszélünk.

A flerek színekpében a H-alfa vonal nemcsak megfordul, abszorpciós vonalból fényes emissziós vonallá, hanem az általában 2 Å szélesség helyett időnként 5—10 Å szélességűvé is kiszélesedik. A kifényesedés és kiszélesedés a különböző helyeken erősen eltérő lehet, mint az a 68. ábrán látható, ráadásul a kiszélesedés nem is okvetlenül szimmetrikus. (Igen feltűnő ez a kép felső részén.) Hasonló viselkedést mutat még több színekpvonal, elsősorban az ionizált kalcium *H* és *K* vonalai, és a hidrogén Balmer-sorozata (amelyhez a H-alfa is tartozik), bár ezeknél kevésbé erős a kifényesedés és a kiszélesedés. A Balmer-sorozathból a napkorongon észlelt flerben egészen H_{22} -ig figyelték meg megfordulást, a Nap peremén H_{27} -ig is. A hidrogén és kalciumvonalakkal együtt kb. 500 Fraunhofer vonal fordul át emisszióba. Általában a fler vonalas színekpe hasonló a kromoszféraéhoz, bár bizonyos, főleg ionoktól származó vonalak erősebbek, míg más semleges atom-vonalak hiányozhatnak is. A folytonos színekpben észrevehető sugárzásnövekedés („fehér” fler) nagyon ritkán jelentkezik, de még ekkor sem haladja meg a folytonos színekp 10%-át, és ez is csak a jelenség kezdeti perceiben figyelhető meg. Mindezen színekpváltozások nagyon rövid idő, néhány perc alatt fejlődnek ki, élettartamuk a fler nagyságától függ.

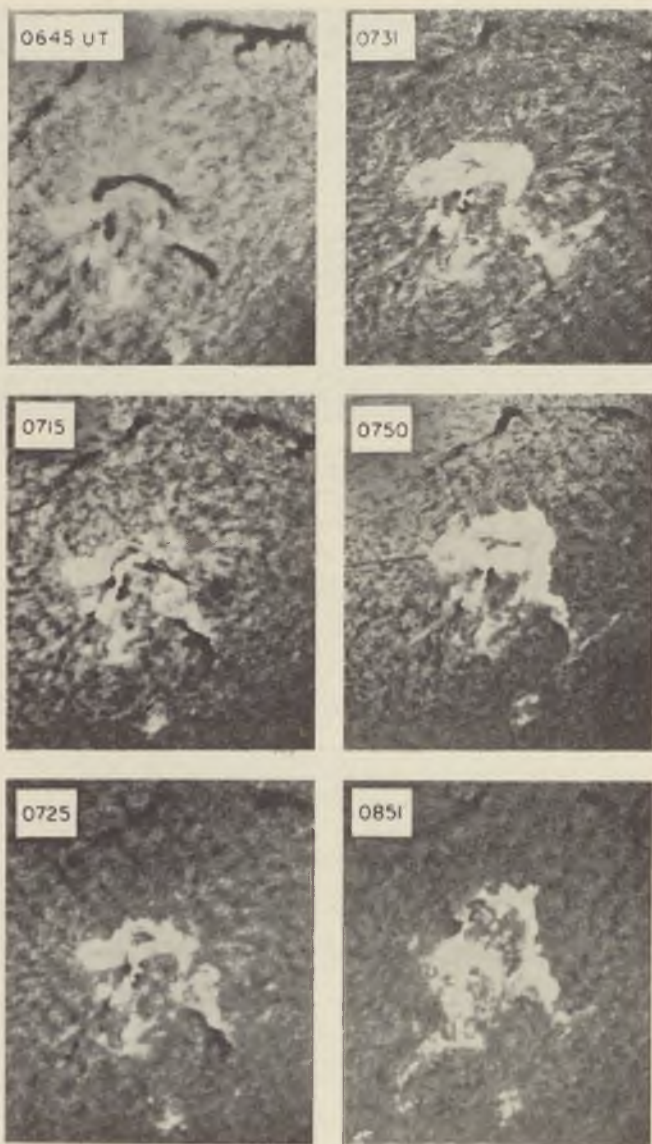
A H-alfa színekpvonal fényében a fler rendszerint úgy jelentkezik, hogy a napfoltcsoport körül a fényes fáklyamező egy része hirtelen, né-



68. ábra. Az augusztus 31-én észlelt nagy fler kifejlődésének két szakasza. A bal oldalon álló képekkel csaknem egyidejűleg készültek a jobb oldali színképfelvételek a H-alfa vonal környezetéről. A spektrográf rése a fler legfényesebb részére volt állítva. (Krimi és utrecht-i felv.)

hány perc alatt kifényesedik; a kifényesedés egyre nagyobb területre terjed ki, majd elérve maximumát, most már lassabb tempóban halványul el. A visszafejlődés a nagyságtól függően, 10 perctől néhány óráig is eltarthat. A fő jellemző a hirtelen kifényesedés. Kisebb flerek előfordulhatnak nagyobb fényességű „nyugodt”, folt nélküli fáklyákban is. Nagyobb flereknél gyakori, hogy kezdetben néhány fénylő pont jelenik meg, majd ezek két, nagyjából párhuzamos szalaggá olvadnak össze, amelyek lassan távolodni kezdenek egymástól. Ilyen nagy fler kifejlődése látható a 69. ábrán. A két fényes szalag rendszerint a napfolt-csoport ellentétes mágneses polaritású foltjait elválasztó, úgynevezett semleges vonal két oldalán helyezkedik el. A sötét filamentek is többnyire a semleges vonalon fekszenek, így előfordul (például a 69. ábrán is), hogy a fler a filament két oldalán kezd kifejlődni és azt végül is eltiinteti.

Természetesen nem minden fler egyforma nagy, nagyságuk jellemzésére egy „nagysági” vagy „fontossági” skálát dolgoztak ki, amely a flerek területén alapul. Területegységnek lehet használni a látható napfelület milliommód részét, vagy pedig heliografikus négyzetfokot. Azokat a flereket, amelyek nagysága még ezen milliommód rész százszorosát sem éri el, szubflernek nevezik, és *S* betűvel jelölik. A terület szerinti osztályokat a fényesség szerint tovább osztják, aszerint, hogy a fler fényessége normális, normálisnál fényesebb vagy halványabb, rendre *N*, *B*, *F* betűkkel (az angol normal, bright, faint szavak kezdő-



69. ábra. Egy nagy flar kezdeti fejlődése. Az UT jelölés itt és a többi ábrákon is világyidőt jelent, az első két számjegy az óra, a második kettő a perc. (Fraunhofer Int.)

Flekrek osztályozása

A fler területe		A fler fényessége		
a látható napfelület milliomodrészében	héliografikus négyzetfokban	átlagos	az átlagosnál	
			nagyobb	kisebb
≤ 100	$\leq 2,06$	SN	SB	SF
100 – 250	2,06 – 5,15	1N	1B	1F
250 – 600	5,15 – 12,4	2N	2B	2F
600 – 1200	12,4 – 24,7	3N	3B	3F
1200 \leq	24,7 \leq	4N	4B	4F
(48,5 = 1,0)				

betűi szerint). Az osztályozási rendszert a *XI. táblázat* foglalja össze. Ezt a rendszert 1966. január 1. óta használják, azelőtt a fényesség szerinti betűjelzést, valamint az *S* és a 4-es megjelöléseket általában nem alkalmazták. Régebben a fényesebb vagy nagyobb, illetve halványabb flekreket +, illetve – jellel különböztették meg. Így például egy 10 négyzetfok területű, halvány fler „nagysága” jelenleg 2F, 1966 előtt 2–; egy 30 négyzetfok területű, átlagos fényességű fler jelzése jelenleg 4N, 1966 előtt 3+. A napkorong széle felé a területmérések bizonytalanabbá válnak, egyrészt a perspektivikus rövidülés miatt, másrészt azért, mert a flekrek nem teljesen lapos képződmények. Így a napkorong szélén történő megfigyelések esetén figyelembe kell venni magassági kiterjedésüket is. A perspektivikus rövidülés miatt a napkorong képén mért területet meg kell szorozni $\sec \varphi$ -vel, ahol φ a látósugár és a napfelület kérdéses helyéhez tartozó normális által bezárt szög.

Nyilvánvaló, hogy a flekrek területi nagysága meghatározó egyéb fizikai adataikra is, így például előfordulási gyakoriságukra, és ezzel együtt változik élettartamuk is, bár ez utóbbira vonatkozólag az átlagtól jelentős eltérések is tapasztalhatók. A Nemzetközi Geofizikai Évek folyamán másfél év alatt megfigyelt flekrek megoszlását tartalmazza a *XII. táblázat*. Látható, hogy

XII. táblázat

Flekrekre vonatkozó gyakorisági eloszlások
(1957. július – 1958. december)

Nagyság	Előfordulásuk		Közepes élettartam, perc
	száma	%	
1	6150	92,4	17
2	467	7,0	29
3	33	0,5	62
3+	6	0,1	180
összes	6656	100,0	

a flerek túlnyomó többsége kicsi, és naponta átlagosan kb. 10 volt megfigyelhető. Igaz, hogy ezek az adatok rendkívül magas napfoltmaximum idejére vonatkoznak, akadtak olyan napfoltcsoportok, amelyekben 100 kisebb-nagyobb fler volt egy-egy nap alatt.

A flerek különösen nagy gyakorisággal, és a legnagyobbak a bonyolult mágneses szerkezetű napfoltcsoportokkal összefüggésben jelennek meg; olyan foltcsoportokban, amelyekben a különböző mágneses polaritású napfoltok nem különülnek el határozottan, sőt sokszor közös penumbrában találhatók mind az északi, mind a déli mágnességet mutató umbrák (így a Mt. Wilson Obszervatórium osztályozása szerint a γ és δ típusúak), tehát ahol viszonylag kis távolságon belül nagy a mágneses térváltozás. Megjegyzendő, hogy bár általában a flerek napfoltcsoportokban, pontosabban a hozzájuk tartozó fényes fáklyákban jelennek meg, időnként — igen ritkán — előfordultak olyan fáklyában is, amelyben — már vagy még — nem volt napfolt megfigyelhető.

A fler-jelenséggel kapcsolatban a hirtelen kifényesedésen és ennek lassú szétterjedésén kívül más, feltűnőbb változások és mozgások is észrevehetők. Ezek megfigyelésénél a fő nehézséget az eddigiekben az okozta, hogy a használatos Lyot-szűrők sáv szélessége ($0,5 \text{ \AA}$) általában keskeny, és emiatt az előforduló nagy látósugár menti sebességek következtében a Doppler-eltolódás „kiviszi” a gyors mozgású gáztömeg képét a szűrő áteresztési sávjából, és így az nem látható. *Moreton* vette észre először 1960-ban azt, hogy a flertől távol eső sötét filament, ha a H-alfa vonal közepén figyelik, eltűnik egy időre, majd ismét megjelenik; ha viszont a vonal szárnyaiban észlelik, a filament megjelenik ott, ahol addig semmi sem volt látható. Próbálták különböző módokon ezt megmagyarázni, de *Dodson—Prince* megfigyelései bebizonyították, hogy csak arról van szó, hogy a filament egyszerűen leszáll és felemelkedik, a Doppler-effektus miatt „csúszik ki” a szűrő áteresztési sávjából, válik láthatatlanná. (Lásd például az 1970. évi Csillagászati Évkönyv. 12/a és b képeit.) 1963. szeptember 20-án sikerült különösen jól megfigyelni, hogy egy flerből kb. 90° -os szektorban elindult egy ismeretlen természetű hullámfront. Ez a hullám nagyon gyorsan, kb. 700 km/sec sebességgel mozgott, lassulás nélkül. Sajnos, az ilyen típusú jelenségekről még igen kevés adattal rendelkezünk észleléstechnikai nehézségek miatt.

A fler környékéről, a flerrel kapcsolatban különböző formájú gáztömegek kidobását is megfigyelhetjük. Az így keletkező rövid életű speciális protuberancia típusok egyik fajtája, a „surge”, általában kb. 100 km/sec sebességgel lökődik ki a kromoszférából, majd fokozatosan lelassul, és visszahullik ugyanazon az úton, amelyen jött. A Nap peremén megfigyelt surge lefolyása látható a 70. ábrán. Ha ilyent a napkorong hátterén észlelünk, az lehet világos is, sötét is a háttérhez ké-



1737 UT



1752 UT



1807 UT



1823 UT



1837 UT



1847 UT

70. ábra. Egy surge fejlődése a (letakart) napkorong szélén, 1946. június 12-én (High Altitude Obs.)

pest, sőt, az is előfordul, hogy világosan indul, de ahogy lelassul és kihűl, sötétté válik. Egy alkalommal előfordult az is, hogy szabályos „füstkarika” forma keletkezett (71. ábra). Flerekkel összefüggésben a protuberanciákká formálódó anyag igen változatos formákat ölthet és nagy „fölfelé” irányuló sebességeket érhet el; túlaltak már 1000 km/sec sebességeket is, ilyen esetekben bizonyára közvetlenül tanúi lehetünk annak, hogy a protuberancia anyaga végleg elhagyja a Napot.



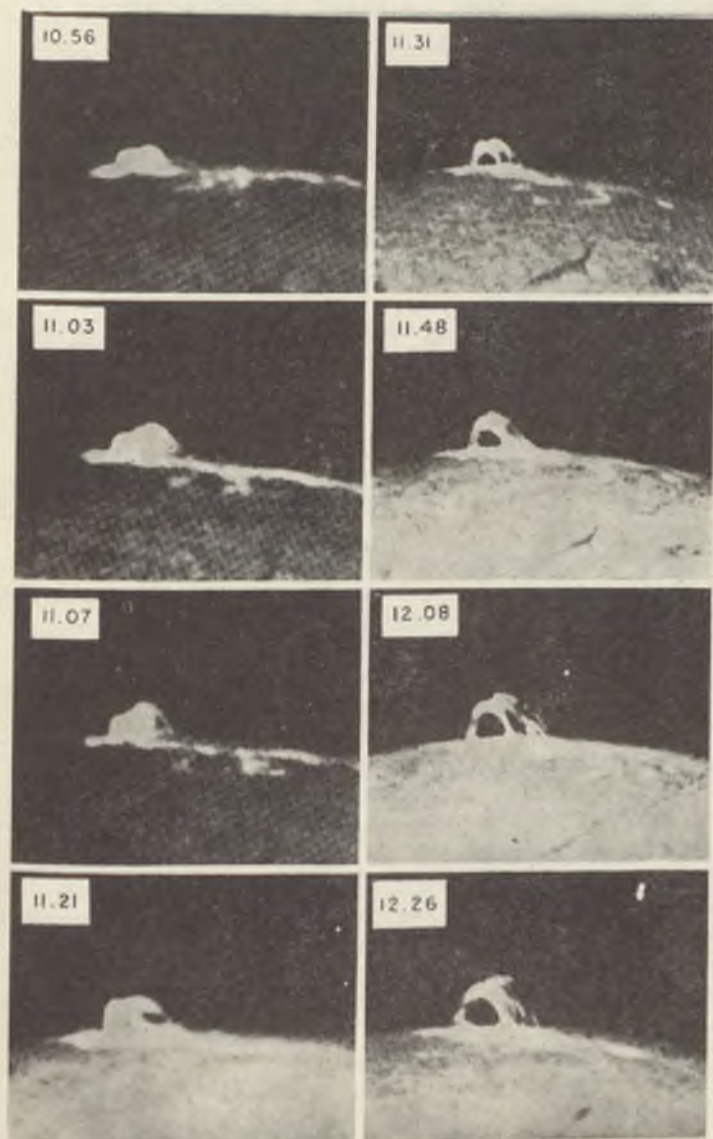
71. ábra. Flerből kidobott „füstkarika” 1969. december 2. (Pennsylvania Univ. Obs.)

Másik érdekes jelenségtípus a hurokprotuberancia-rendszerek képződése, amely időnként a nagy flerek fejlődésének legutolsó stádiumában látható. Ennél fokozatosan növekedő hurkok képződnek, egyre nagyobbak nőnek, miközben a kisebbek eltűnnek. Az egész rendszer kb. 10 km/sec sebességgel terjeszkedik, de elérhet 100 000 km magasságot, mert eltarthat 10 óra hosszát is. Egy ilyen rendszer fejlődését mutatja be a 72. ábra.

A flerek rádió- és röntgensugárzása

A flerek össz sugárzásának intenzitása az egész Nap össz sugárzásához képest a látható színtartományban még egyáltalán nem jelentős, a rádió- és röntgentartományban viszont annál inkább az.

A millió fok hőmérsékletű napkoronából állandóan jön hőmérsékleti eredetű ultraholya- és lágy ($10-20 \text{ \AA}$) röntgensugárzás is, de fler idején ezen rövidhullámhosszú kisugárzások jelentősen megerősödhetnek. A hidrogén 1216 \AA hullámhosszú Lyman-alfa vonalának erőssége 10%-kal, az ionizált hélium 304 \AA -os vonala 30%-kal, míg a röntgensugaraknál az $1-20 \text{ \AA}$ sávban a sugárzás százszorosára, sőt ezerszer-



72. ábra. Hurokprotuberancia-rendszer fejlődése egy nagy flar után
(Fraunhofer Int.)

sére is emelkedhet a flertől származó nem hőmérsékleti sugárzások miatt. Egyes esetekben kemény (20–500 keV energiájú) röntgenimpulzusok is előfordulnak.

A Nap állandó jellegű, de aránylag „gyenge” rádiósugárzásához flerek idején egyéb, különféle rádiókisugárzások társulnak. A flerek által okozott, ezek környezetéből eredő kitérősszerű rádiósugárzások közül a „nagyok” gerjesztéséről annyit biztosan tudunk, hogy nem származhatik hőmérsékleti sugárzástól, mert létrehozásához legalább 400 millió fokal hőmérséklet lenne szükséges — ennyi még a koronában sincs —, a fler rádiósugárzása Földünk helyén ui. elérheti a 10^{-19} watt $m^{-2}Hz^{-1}$ erősséget is.

Már kezdetben, amikor még csak egyes hullámhosszakon mérték a Nap rádiósugárzását, észrevették, hogy a naptevékenység növekedését általában rádiósugárzások hirtelen megerősödései, az ún. rádiókitörések kísérik. Ezeknek részletesebb tanulmányozása különösen akkor vált lehetővé, miután elkészítették az első „panoráma-vevőt”, amely a méteres hullámsávban, 25–400 MHz-ig folyamatosan megfigyelés alatt tartja a Napot. A Nap rádiókitöréseit a szélessávú megfigyelések alapján osztályozták:

I. típus nincs kapcsolatban a flerekkel.

II. típus: (Lassú frekvencia-változású kitérés.) Nagy flereknél fordul elő. Frekvenciája fokozatosan csökken, kb. 1 MHz/sec sebességgel. Ez azt jelenti, hogy a gerjesztés a napkoronában kifelé mozog, kb. 1000–1500 km/sec sebességgel. Gyakran megfigyelhető kettős szerkezete van, az alapfrekvencia mellett az első harmonikus is jelentkezik, kétszeres frekvencián. Létrehozója a flerből kiinduló, és a napkorona plazmájában kifelé haladó lökéshullám.

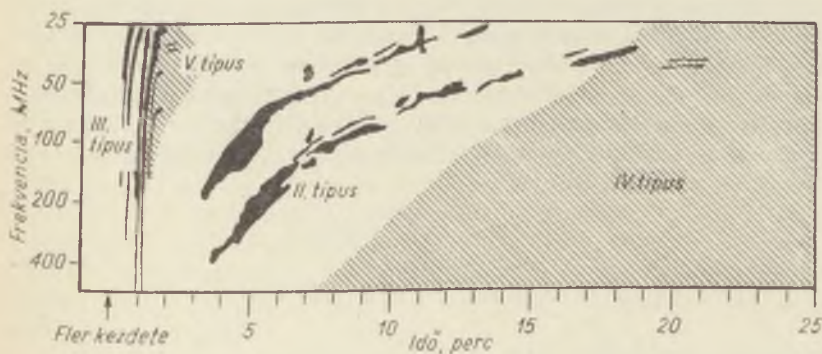
III. típus: (Gyors frekvencia-változású kitérés.) A leggyakoribb flerrel kapcsolatos rádiósugárzás az 5 MHz–600 MHz sávban. A frekvencia csökkenési sebessége kb. 20 MHz/sec 100 MHz-nél. Ha ezt is úgy értelmezzük, hogy a gerjesztés a napkoronában kifelé mozog, és az egyre csökkenő sűrűség miatt egyre kisebb frekvenciák tudnak kijutni onnan, a kifelé mozgás sebességére 100 000 km/sec adódik. Nagyobb térbeli felbontású mérések révén valóban sikerült megfigyelni ilyen típusú kitérések ilyen nagy sebességű helyváltoztatását, tehát ezt a típust a fler közelében keletkezett relativisztikus ($1/3$ fénysebességű) elektronok mozgása okozza.

IV. típus: Tulajdonképpen nem „kitérés”, hanem órákig eltartó szélessávú sugárzás, rendszerint a II. típusú kitérést követi. Ezt mágneses terek által spirális pályákra kényszerített nagyenergiájú elektronok keltik (szinkrotron-sugárzás).

V. típus: Hasonló a IV. típushoz, de a III. típusú rádiókitörés után keletkezik.

Ezen négyféle rádiókitörés tipikus lefolyását és viszonyát a fler kezdetéhez a 73. kép mutatja. Természetesen nem minden flernél fordul elő mindez a négy típus, de az is megtörténhet, hogy például egymás után többször III. típusú kitörés következik be.

A rádió- és röntgensugárzás a fler összenergiájának csupán elhanyagolhatóan kis részét képezi, mindemellett a flerekből eredő intenzitás-



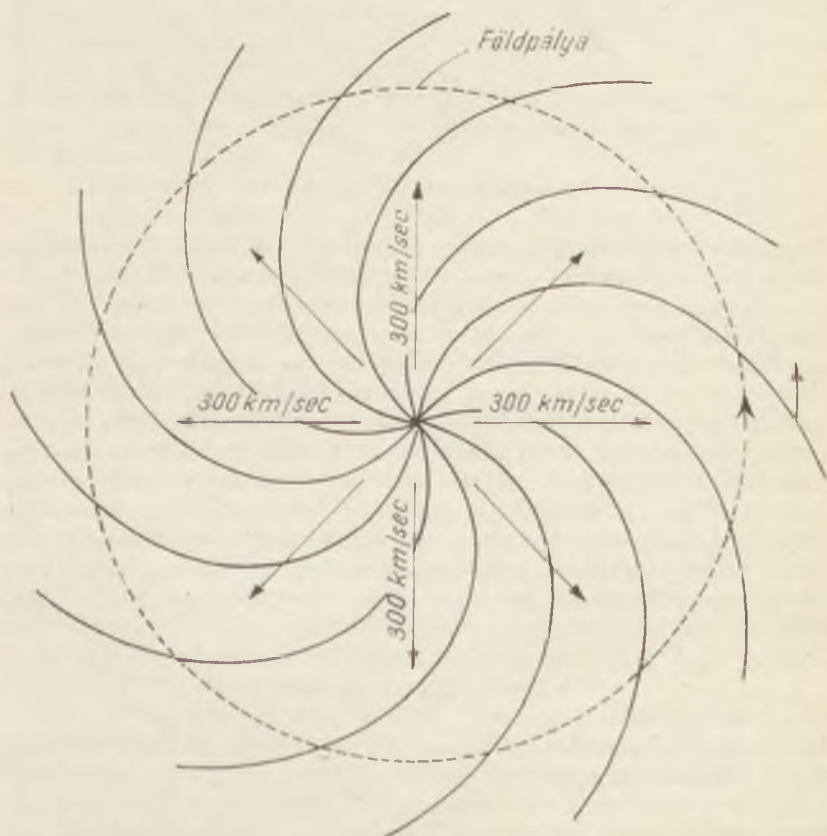
73. ábra. A flerek által okozott rádiókitörés-típusok

növekedés mégis jelentős, mert a szóban forgó frekvenciatartományokban a Nap általában keveset sugároz. Lényeges szerepük van a röntgen- és rádiómegfigyeléseknek a flerekben lejátszódó fizikai folyamatok értelmezésében. A látható szinképtartományban történő flermegfigyelések viszonylag hidegebb vidékekre vonatkoznak, míg például a röntgentávcsövek segítségével olyan helyeket lehet közvetlenül figyelni, ahol néhány millió fokok hőmérséklet uralkodik. Ilyen méréseket végzett például az Interkozmosz-1 mesterséges hold; három flerben sikerült megfigyelni nagyon kis, egy ívinásodperc körüli kiterjedésű részt, amelynek röntgensugárzása gyorsan változott, és mintegy 20 millió fokok hőmérsékletnek felelt meg. A röntgen- és rádiómegfigyelések a Nap részecsquesugárzásáról „napközelen” szolgáltatnak közvetett úton információt, ott, ahol az közvetlenül még nem figyelhető meg.

A flerek részecsquesugárzása

A röntgen- és rádiósugárzás csak elenyésző részét alkotja a fler energiájának, az energia zömét a részecsquesugárzás hordozza. A flerek által kibocsátott részecskék terjedését, mivel ezek zömében elektromos töltéssel rendelkeznek, erősen befolyásolja a bolygóközi mágneses tér, amelynek szerkezetét, erősségének és irányának eloszlását általában és

főleg a napszél alakítja ki. A napszél (vagy szoláris szél) tulajdonképpen a millió fokos napkorona külsőbb rétegeinek folytonos, sugárirányú elpárolgásából keletkező állandó részecskeáramlás. A Föld távolságában alacsony naptevékenység idején a napszél sebességére 300–600 km/sec körüli, sűrűségére 1–6 proton/cm³ értékeket mérnek. A napszél elektromosan töltött részecskéi mágneses teret hordoznak magukkal, melynek erőssége néhány γ ($1 \gamma = 10^{-5}$ gauss). Tekintsük például azt a napszélként áramló plazma-nyalábot, amely a Nap egyenlítőjének mintegy tizedrészéről indult el. Könnyű belátni, hogy néhány napon belül ennek sugárirányú mozgása a Nap forgásával kombinálva spirális szerkezetet hoz létre, amely a Nappal együtt forog. A napszél így módon kialakuló idealizált szerkezetét a 74. ábra mutatja be,



74. ábra. A napszél idealizált szerkezete

300 km/sec sebességet feltételezve. (A napszél létezésének és jelentőségének a felismerésénél lényeges szerepe volt annak, hogy az üstökösök csóvájának kialakulását kielégítő módon csak segítségével lehetett értelmezni.)

A flerekből kiinduló részecskesugárzásokat nagyjából „földi” hatásaik és a protonok átlagos energiája szerint osztályozhatjuk:

I. Geomágneses viharokat okoznak a „kis” energiájú (1–100 keV) protonok. A fler után többnyire 1–2 nap alatt jutnak földközelségbe, és a Föld mágneses terébe befogva azt jelentősen megzavarják, más szóval mágneses vihart keltenek.

II. A PCA (Polar Cap Absorption) jelenséget, azaz a „sarki sapkában” elnyelődését a kozmikus rádióhullámoknak a kb. 1–600 MeV energiájú részecskék okozzák. Mivel ezek energiája nem elegendő ahhoz, hogy a Föld mágneses erővonalai ellenében az egyenlítő táján bejussanak a földi légkör ionoszféra rétegeibe, azokat csak a mágneses sarkok közelében tudják elérni, és itt a sarki ionoszféra ionsűrűségét növelik meg. Az ilyen PCA jelenség a fler után rendszerint már 1–2 óra múlva észlelhető.

III. A legnagyobb energiájú (1–50 GeV), közel fénysebességű protonok, a szoláris kozmikus sugárzás legjelentősebb alkotóelemei 10–20 perc alatt érik el a Föld környezetét. Az ilyen nagyenergiájú sugárzást kibocsátó flereket nevezik protonflereknek. A protonflerek a forrásai a kozmikus sugárzás Napból származó kis hányadának, amely (szekunder effektusai révén) például neutronmonitorokkal a földfelszínen is mérhető.

Megemlítendő, hogy a Nap, flereknek még nem nevezhető helyi sugárzásnövekedései kapcsán gyakran olyan kisebb energiájú plazmafelhőket bocsát ki, amelyek a napszél helyi megerősödéseinek tekinthetők, és amelyek kb. 27 naponként földmágneses háborgásokat okoznak. Ugyanakkor vannak flerek, melyeket nem követ semmiféle mágneses változás; nyilvánvaló, hogy ilyenkor az általuk kibocsátott részecskék nem érik el a Földet. A nagy mágneses viharok és a nagy flerek között azonban statisztikailag mégis egészen jó korreláció mutatkozik.

Mesterséges égitestek műszerei sokszor közvetlenül észlelték már a flerektől származó napszélerősödést. Egy alkalommal például az így kialakult plazmafront elhaladásakor a napszél sebessége 400 km/sec-ről 850 km/sec-re ugrott, sűrűsége háromszorosára nőtt, és a mágneses tér szintén megváltozott, mert a Napból jövő újabb részecskeáram mágneses teret is hozott magával.

Hosszú ideig kétséges volt, bocsát-e ki a Nap kozmikus sugárzást. Sőt, 1937-ben *Forbush* kimutatta, hogy mágneses viharok idején a kozmikus sugárzás erőssége csökken. Ez, a felfedezőjéről *Forbush-effek-*

tusnak nevezett jelenség azért következik be, mert a mágneses vihart okozó plazmafelhőben levő mágneses tér a Földet leárnyékolja a galaktikus kozmikus sugárzás elől. 1942-ből valók azok a mérések, amelyek ismereteink szerint elsőnek regisztráltak kétségtelenül a Naphól származó kozmikus sugárzást. Az 1970. január 1-ig történt földfelszíni megfigyelések alapján kimutatott szoláris kozmikus sugárzást kibocsátó flerek adatait a *XIII. táblázatban* állítottuk össze. Megjegyzendő, hogy a Föld körül keringő mesterséges égitestek sokszor jelzik a Naphól származó kozmikus sugárzás növekedését akkor is, amikor a légkör alján ezt már nem lehet észrevenni.

XIII. táblázat

Flerek, melyeknek nagyenergiájú részecskesugárzását is kimutatták

Dátum	Kezdet	Héliografikus koordináták		Nagyság
		B	L_{CM}	
	h m	°	°	
1942. II. 28	12 42 előtt	+07	— 05	2
1942. III. 7	?	+07	> + 90	?
1946. VII. 25	15 31	+21	— 16	3+
1949. XI. 19	10 29 előtt	— 04	+ 72	3+
1956. II. 23	03 53	+23	+ 80	2
1956. VIII. 31	12 28	+15	— 15	3
1959. VII. 16	21 16	+15	+ 30	3
1960. V. 4	10 08	+13	+ 90	2
1960. IX. 3	00 38	+18	— 88	2
1960. XI. 12	13 15	+26	+ 03	3+
1960. XI. 15	02 07	+26	+ 35	2
1960. XI. 20	21 19	+28	+ 90	2
1961. VII. 18	09 30	— 07	+ 59	3
1961. VII. 20	16 33 előtt	— 05	+ 90	2
1966. VII. 7	00 25	+35	+ 48	2B
1967. I. 28	?	+21	+154	?
1969. II. 25	09 03	+13	+ 37	2B

A *XIII. táblázat* adataiból látható az is, hogy az ilyen nagy hatású flerek többsége a napkorong nyugati oldalán, azaz — első pillanatra érthetetlen módon — a Földről nézve aszimmetrikusan helyezkedett el (L_{CM} pozitív). Ennek az a magyarázata, hogy a bolygóközi mágneses térnek a 74. ábrán bemutatott spirális szerkezete miatt a napkorong

nyugati felén kibocsátott részecskék legkönnyebben az erővonalak mentén érhetik el a Földet, míg a keleti felén keletkezett flerekből származó részecskék ugyanezért sokkal kisebb valószínűséggel jutnak el a Földre.

A flerek földi hatásai

Az előzőekben már volt szó olyan eseményekről (mágneses viharok, PCA- és Forbush-jelenség), amelyeket a flerek részecskesugárzása okozhat a Föld környezetében. Külön szólni kell még a flereknek az ionoszférára gyakorolt hatásairól.

A földi légkör a Nap kb. 3000 Å-nél rövidebb hullámhosszú távoli ultraibolya sugárzását már teljesen elnyeli. Ez a sugárzás erősen ionizálja a légkörben levő atomokat, mintegy 60 km magasságtól felfelé. A legnagyobb elektronsűrűség ($10^5 - 10^6$ elektron/cm³) mintegy 300 km magasságban keletkezik az ionoszféra ún. *F* rétegében. Az *F* (voltage-keppen nappal kettős) igen változékony réteg. Állapota függ napszaktól, évszaktól és a naptevékenységtől. Az *F* réteg a 200–500 km magasságok között található. Az *F* rétegtől lefelé általában csökken az elektronsűrűség, de kb. 100 km magasságban kisebb helyi maximuma van, ez az *E* réteg; az ionoszféra alsó részét, 60–80 km körül *D* rétegnek nevezik.

Ha a Napon fler jelenik meg, az erősen ionizáló kemény röntgensugárzás erőssége ugrásszerűen megnő. Ez a nagyenergiájú röntgensugárzás lehatolhat egészen a *D* rétegig, és ott erősen megnöveli az elektronsűrűséget. Már maga ez az egyetlen körülmény is igen nagy mértékben befolyásolja a földi rádióadók távoli vételi viszonyait, mert a rádióhullámok a földfelszín és az ionoszféra közötti többszöri visszaverődés útján terjednek. Ezért például ha a *D* rétegben megnő az ionizáció, emiatt ez az alsó ionoszféra réteg fokozott mértékben, sőt néha teljesen elnyelheti a rádióhullámokat az *E* és *F* rétegekről történő visszaverődés előtt, illetve közben. Így a távoli rövidhullámú rádióadók vételének lehetősége erősen megromlik, sőt egészen meg is szűnhet. Az ionoszféra-zavarok java részét főleg a fler kezdeti stádiumában keletkező röntgen- és távoli ultraibolya fény okozza, ezért ezek a fler kezdete után néhány perccel már kifejlődnek. Illusztrációul egy kis történet: mikor 1957-ben rakétákat bocsátottak fel a flerek kezdeti röntgensugárzásának vizsgálatára, valamilyen módon értesíteni kellett a rakéták indítóit, hogy melyik pereben érdemes a kísérletet megkezdni, mivel a rakéta műszerei csak rövid ideig mérnek. A kilövőhely és a napmegfigyelő obszervatórium nagy távolsága miatt erre a célra a rövidhullámú rádiókapcsolatot választották. Azonban éppen a tanulmányozandó nagy flerek pillanatok alatt tönkretették az összekötte-

tést, így a kilövőhelyen legfeljebb a rádiókapcsolat kiesése jelezte, hogy mikor kell indítani a rakétát.

A flereknek az ionoszférára gyakorolt hatása annyira erős és jellegzetes, hogy bizonyos ionoszféra-zavarok megfigyelése közvetett flereszlelésnek is tekinthető. Például ezek segítségével Európában, ha borús idő van a megfigyelőhelyen, mégis azonnal megállapítható, hogy keletkezett-e fler a Napon. A Föld egyenlítői vidékein a gyakorlatilag szüntelenül zajló zivatarok villámai állandó rádiózöreket okoznak. Fler esetén a napsütötte *D* réteg megnövekedett ionizációja miatt ezek a km-es rádió hullámhosszakon (15–35 kHz) még több ezer km távolságokra is nagy intenzitással eljuthatnak. Az atmoszferikus zörejek hirtelen megerősödését (Sudden Enhancement of Atmospherics, SEA) a bejövő összenergiát mérő, illetve regisztráló megfelelő rádióvévő készülék segítségével könnyen észre lehet venni. Egyébként az ionoszféra állapotának fler okozta hirtelen változásai többféleképpen is megnyilvánulnak, és ezek kimutatására különböző módszerek alkalmazhatók.

A flerekből kiinduló és Földünk felső légköréig terjedő, átmenetileg felerősödő részecskesugárzások a már korábban említett földmágneses változásokon és PCA-effektuson kívül még a sarkifény-jelenséget és az ionoszférát is befolyásolják. Így például általában különösen nagy flerek után fordul elő, hogy a sarkifény alacsonyabb földrajzi szélességeken is feltűnik. A flerekből jövő szoláris részecskesugárzás az ionoszféra *F* rétegének magasabb részeit zavarja meg elsősorban.

Régebben még kérdéses volt, hogy a távoli ultrahorlya- vagy a röntgensugárzás növekedése okozza-e az alsó ionoszféra zavarait. Rakétás mérésekből ma már tudjuk, hogy nem a Lyman-alfa sugárzás, amely tulajdonképpen magát a *D* réteget létrehozza, hanem a megerősödő kemény, főleg a 2 Å-nél rövidebb hullámhosszúságú röntgensugárzás a felelős ezen ionoszféraváltozásokért. Az ionoszféra mérések tehát információt szolgáltatnak a flerek kemény röntgensugárzásáról, amit egyébként csak rakétákról vagy mesterséges holdakról lehet megfigyelni.

A flerek fizikai jellemzői

A rendelkezésre álló megfigyelési adatok alapján képet lehet alkotni a flerekben uralkodó fizikai viszonyokról. Ez a kép azonban ma még nem teljesen világos és egyértelmű. Már a különböző színekpvonalak alapján meghatározott hőmérsékletek is eléggé különböznek. A H-alfa vonalból 10^4 °K, a semleges hélium vonalaiból $2,5 \cdot 10^4$ °K, az ionizált hélium vonalaiból $1,8 \cdot 10^5$ °K, a koronavonalakból $3 \cdot 10^6$ °K, az 1–8 Å közé eső röntgensugárzásból $1,5 \cdot 10^7$ °K körüli értékek adódnak. Az eltérő hőmérsékleti adatok magyarázhatók azzal, hogy ezek minden

XIV. táblázat

Jelenség	Felszabaduló energia nagyságrendje, erg
Villám	$2 \cdot 10^7$
hiroszimai atombomba	$8 \cdot 10^{20}$
vulkánkitörés	10^{24}
100 megatonnás hidrogénbomba	$4 \cdot 10^{24}$
földrengés	10^{25}
FLER, igen nagy (4-es)	
rádiósugárzása	10^{25}
röntgensugárzása	$2 \cdot 10^{30}$
látható sugárzása	10^{32}
részecskesugárzása	10^{32}
összesen	$2 \cdot 10^{32}$
NAP	
elektromágnesesösszsugárzása másodpercenként	$4 \cdot 10^{33}$

bizonyról a fler különböző részeire vonatkoznak. A színeképvonalakból következtetni lehet az anyag sűrűségére is, és így a flert alkotó gáz-tömeg teljes kinetikus energiája megbecsülhető. Ha még figyelembe vesszük a szétsugárzott energiamennyiséget is, a flerben koncentrált összes energiamennyiség meghatározható. A fler és más jelenségek energiáját összehasonlítva szemlélteti a XIV. táblázat. Innen látható, hogy a Napösszsugárzása mellett a fler-energiák nagyoknak mondhatók, ha figyelembe vesszük, hogy viszonylag kis térfogatban tömörülnek és rövid idő alatt szabadulnak fel, tehát nagy energiasűrűséggel kell számolni (kb. 10^4 erg/cm³). Mindenesetre annyi biztos, hogy a fler-energiákat hőmérsékleti energia semmiképpen sem tudja fedezni; a kromoszféra és a korona anyagának energiája maximum 10, illetve 1 erg/cm³. Legvalószínűbb, hogy a kérdéses energia közvetlenül a mágneses terektől ered. 1000 gauss térerősség esetén $4 \cdot 10^4$ erg/cm³ a mágneses energiasűrűség, a Nap aktív vidékein pedig ennél nagyobb térerősségek is gyakran előfordulnak. Feltételezhetjük, hogy flereket megelőzőleg a mágneses terek instabil szerkezetűvé válnak, amelyek bizonyos kritikus pont elérése esetén összeomlanak, és energiájukat hirtelen átadják a környező gázoknak. Ezt támogatja Szevernij megfigyelése, amely szerint a nagy flerek rendszerint ott keletkeznek, ahol kis távolságon belül a mágneses tér nagyot változik, míg fler után ez a

változás kisebb mértékű, és az aktív vidék mágneses tere egyszerűbb szerkezetűvé válik. A flerek keletkezése és kiváltó okai körül azonban ma még sok nyitott kérdés van.

Megfigyelési anyagok flerekről

Az eddigiekből is látható, hogy a flerek jelentős hatással vannak Földünkre, ezért tanulmányozásuk a napfizika lényeges gyakorlati feladata. A flerek ma még előre nem jelezhető, váratlan időpontokban jelennek meg, emiatt, és aránylag rövid élettartamuk miatt az egész Földet körülölelő nemzetközi megfigyelőszolgálat szükséges kielégítően folyamatos észlelésükhöz. Ennek felismerése után, az 1930-as évek óta több obszervatórium elkezdett rendszeres flernemfigyeléseket végezni. Évről évre egyre több megfigyelőhely kapcsolódott be ebbe a munkába. A megfigyeléseket 1934-től kezdve az „International Astronomical Union: Quarterly Bulletin on Solar Activity” című, negyedévenként Zürichben megjelenő kiadványban publikálják.

Nagy fellendülést jelentett a „Nemzetközi Geofizikai Évek”, majd a „Nyugodt Nap Nemzetközi Évei” során létrejött nemzetközi összefogás. Több új megfigyelőállomást alapítottak, modern Lyot-szűrőkkel felszerelt automata távcsövek kezdték fényképezni a Napot szerte a világon, így ma már hatalmas megfigyelési anyag gyűlt össze a flerekről. Az Egyesült Államokban adják ki havonta a „Solar—Geophysical Data” című folyóiratot, ez a világ minden részéből összegyűjtött flereszleléseket is felöleli. A Csillagászati Évkönyv 1970-es, 1971-es és jelenlegi évfolyamának táblázatos részében az 1935. július 1. és 1969. január 31. közt kétségtelenül „nagyinak”, legalább 2-es nagyságúnak észlelt flerek adatait közöljük az idézett két kiadvány alapján.

Az összegyűjtött hatalmas megfigyelési anyag azonban sajnos, sok szempontból még nem kielégítő. Az említett automata távcsövek például mindössze 15 mm átmérőjű napképet fényképeznek. Mivel a Nap látszó átmérője mintegy 1800 ívmásodperc, így ezen felvételeknek a léptéke milliméterenként 100 ívmásodperc körüli érték, ami annyit jelent, hogy a képek maximális felbontóképessége csupán 5–10 ívmásodpercre tehető. Az ilyen képeken annyi még látható, hogy van-e fler a Napon vagy nincs (ez geofizikai szempontokból sokszor elégséges is), a fler területe is még meghatározható, de a finomabb részletekről semmiféle információt sem lehet nyerni, mivel a fler „magja” 1–2 ívmásodperc kiterjedésű. Jelenleg tehát a főfeladat a következő: Az eddiginél nagyobb részletességgel tanulmányozni a flerek finomszerkezetét, különféle sugárzásait, kapcsolataikat a szoláris mágneses terekkel, hogy megismerjük keletkezésük körülményeit és okait, hogy minél hamarabb előre lehessen jelezni várható földi hatásait.

TARTALOM

Táblázatok, grafikonok

A Nap és Hold kelte és fontosabb adatai	4
A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának heliografikus koordinátái	28
A holdkorong sugara 0 ^h világidőkor	29
Bolygókorongok megvilágításának adatai	30
A szabad szemmel látható bolygók adatai	31
A Mars és Jupiter centrálmeridiánjának planetografikus hosszúsága és adatok a Szaturnusz gyűrűjére vonatkozólag	36
A Jupiter-holdak helyzetei és jelenségei	38
Bolygók heliocentrikus ekliptikai koordinátái 0 ^h világidőkor	46
A legfényesebb csillagok	48
Nagy napkitörések	50
Magyarázatok a táblázatokhoz	75
A csillagos ég 1972-ben	76

Beszámoló

Detre László: A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézetének működéséről	91
Dezső Loránt: A Magyar Tudományos Akadémia Napfizikai Obszervatóriumának működése	101
Róka Gedeon: A TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályainak 1970. évi működése	114
Kulin György: A TIT bemutató Csillagvizsgálóinak működéséről	129

Cikkek

Detre László: A csillagászat legújabb eredményei	148
E. Koch: Exobiológiai megfontolások a bolygók légkörének fejlődéséről és jelenlegi állapotáról	155
ifj. Bartha Lajos: A hold- és bolygószondák eredményeiből	167
Guman István: Fotometriai kettőscsillagok	195
Abonyi Iván: Az ősrobbanástól a galaxisok keletkezéséig	231
Róka Gedeon: A csillagászat néhány filozófiai problémája	244
Horváth András: Korszerű szputnyikfényképező távcsövek	258
ifj. Kálmán Béla: A napkitörések	279

Kiadja a Gondolat a TIT kiadója

Felelős kiadó a Gondolat Kiadó igazgatója

Felelős szerkesztő: Róka Gedeon

Műszaki vezető: Kálmán Emil

Műszaki szerkesztő: Radó Péter

A borító és kötésterv Radó Péter munkája

Megjelent 2500 példányban,

18,75 (A/5) ív + 4 old. melléklet terjedelemben

Ez a könyv az MSZ 5601 – 59 és 5602 – 55 szabványok szerint készült

72/2236. Franklin Nyomda, Budapest. Felelős: Vértess Ferenc igazgató



27.50-Ft

GONDOLAT